

# **STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND EFECTELE REGLAJELOR UNUI MOTOR CU INECȚIE DE BENZINĂ ASUPRA PERFORMANȚELOR MOTORULUI ȘI A POLUĂRII MEDIULUI**

Teză destinată obținerii  
titlului științific de doctor inginer  
la  
Universitatea "Politehnica" din Timișoara  
în domeniul INGINERIE MECANICĂ  
de către

**Ing. Ioan Dumitru HITICAȘ**

Conducător științific: prof.univ.dr.ing. Dănilă IORGA

Referenți științifici: prof.univ.dr. ing. Constantin PANĂ  
prof.assoc.dr.ing.Daniel MARIN  
conf.univ.dr.ing. Liviu MIHON

Data susținerii: 14.12.2012

Seriile Teze de doctorat ale UPT sunt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Automatică                               | 9. Inginerie Mecanică                      |
| 2. Chimie                                   | 10. Știința Calculatoarelor                |
| 3. Energetică                               | 11. Știința și Ingineria Materialelor      |
| 4. Ingineria Chimică                        | 12. Ingineria sistemelor                   |
| 5. Inginerie Civilă                         | 13. Inginerie energetică                   |
| 6. Inginerie Electrică                      | 14. Calculatoare și tehnologia informației |
| 7. Inginerie Electronică și Telecomunicații | 15. Ingineria materialelor                 |
| 8. Inginerie Industrială                    |  |

Universitatea „Politehnica” din Timișoara a inițiat seriile de mai sus în scopul diseminării expertizei, cunoștințelor și rezultatelor cercetărilor întreprinse în cadrul școlii doctorale a universității. Seriile conțin, potrivit H.B.Ex.S Nr. 14 / 14.07.2006, tezele de doctorat susținute în universitate începând cu 1 octombrie 2006.

Copyright © Editura Politehnica – Timișoara, 2012

Această publicație este supusă prevederilor legii dreptului de autor. Multiplicarea acestei publicații, în mod integral sau în parte, traducerea, tipărirea, reutilizarea ilustrațiilor, expunerea, radiodifuzarea, reproducerea pe microfilme sau în orice altă formă este permisă numai cu respectarea prevederilor Legii române a dreptului de autor în vigoare și permisiunea pentru utilizare obținută în scris din partea Universității „Politehnica” din Timișoara. Toate încălcările acestor drepturi vor fi penalizate potrivit Legii române a drepturilor de autor.

România, 300159 Timișoara, Bd. Republicii 9,  
tel. 0256 403823, fax. 0256 403221  
e-mail: editura@edipol.upt.ro

## **Cuvânt înainte**

Teza de doctorat a fost elaborată pe parcursul activității în cadrul Departamentului de Mașini Mecanice, Utilaje și Transporturi al Universității „Politehnica” din Timișoara, Facultatea de Mecanică, înscris fiind în programul Școlii Doctorale.

În urma evoluției tehnologiei și a studiilor cu privire la domeniul ingineriei, cu precădere asupra motoarelor termice, și în special al motoarelor cu aprindere prin scânteie, s-a ajuns la concluzia următoare: controlul optim al funcționării motoarelor, cu performanțe crescute, se poate realiza prin diferite metode, fie prin tuning motor, care presupune înlocuirea mecanică a pieselor implicate în procesele arderii, și nu numai acestea, fie prin reglaje la nivelul unității electronice de comandă și control. Această a doua soluție a fost dezvoltată în teza de doctorat.

S-a ajuns la această soluție urmare a atingerii unui punct relativ de saturație cu privire la natura materialelor din care sunt fabricate componentele motoarelor, rămânând ca soluție pentru realizarea unui control al performanțelor motoarelor, unitatea ECU. Pentru pasionații de competiții sportive, îmbinarea acestor două soluții va asigura câștig de cauză, însă și pentru motoarele de serie, asupra cărora se intervine doar la nivelul ECU, aceste reglaje vor oferi creșteri ale performanțelor energetice.

Natura gazelor evacuate însă este o problemă a prezentului și necesită atenția specialiștilor din domeniu. Consecința arderii combustibililor fosili în camerele de ardere ale motoarelor termice se resimt prin efectul produs de gazele cu efecte de seră. Analizând motoarele de competiții sportive s-a demonstrat faptul că acestea emit noxe bogate cantitativ, natura gazelor evacuate fiind lăsate pe planul al doilea.

Ne revine nouă tuturor responsabilitatea de a gestiona atât resursele de combustibil cât și modul de exploatare al motoarelor, precum și regimurile de funcționare, pentru a asigura și urmașilor noștri o viață cât mai sănătoasă.

Mulțumiri deosebite aduc conducătorului de doctorat, prof. dr. ing. Dănilă IORGA, pentru sprijinul și înțelegerea foarte mare de care a dat dovadă pe întreaga durată a doctoratului, în rezolvarea problemelor apărute și în gestionarea tuturor situațiilor critice apărute pe durata realizării prezentei lucrări.

Mulțumiri aduc și dl. Conf. Dr. Ing. Liviu MIHON, care m-a sprijinit pe întreaga perioadă a doctoratului, împreună cu conducătorul științific, din primele zile și până în ultimele momente de finalizare a lucrării, și pentru ajutorul special al finalizării cercetărilor experimentale din laboratorul de Dinamica Autovehiculului.

Mulțumiri referenților științifici: prof. dr. ing. Constantin PANĂ de la Universitatea “Politehnica” din București, prof. assoc dr. ing. Daniel MARIN de la Hautes Etudes d’Ingenieur, Lille, France, pentru colaborarea rodnică de care au dat dovadă și pentru atenta revizuire a lucrării și pentru observațiile constructive făcute, dovedind profesionalism și rigurozitate în munca asupra lucrării de doctorat.

Mulțumiri deosebite aduc colaboratorilor Resiga Emanuel, Boncalo Sergiu și Marcovici Valdimir.

Mulțumiri deosebite aduc, nu în ultimul rând, familiei mele, soției mele Luiza, fetiței noastre Natalia, precum și bebelușului nostru care curând se va naște, pentru înțelegerea avută și pentru sprijinul acordat pe întreaga durată a doctoratului. De asemenea mulțumesc și părinților mei, Macedon și Elvira, precum și fratelui meu Valentin-Macedon pentru sprijinul acordat.

**Timișoara, decembrie 2012**

**Ioan Dumitru HITICAȘ**

Soției mele Luiza și copiilor noștri

HITICAȘ, Ioan Dumitru

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND EFECTELE REGLAJELOR UNUI MOTOR CU INJEȚIE DE BENZINĂ ASUPRA PERFORMANȚELOR MOTORULUI ȘI A POLUĂRII MEDIULUI**

Teze de doctorat ale UPT, Seria 9, Nr. 127, Editura Politehnica, 2012, 270 pagini, 256 figuri, 44 tabele.

ISSN: 1842-4937

ISBN: 978-606554-590-8

Cuvinte cheie: unitate de control a motorului (ECU), performanțe, reglaje, emisii poluante, tuning, consum de combustibil, forțe de încărcare, motoare de serie, motoare de competiții sportive.

Rezumat,

Obiectivul principal al lucrării îl reprezintă realizarea de reglaje la nivelul ECU al motoarelor cu aprindere prin scânteie cu scopul creșterii performanțelor energetice al acestora.

Studiile și cercetările de specialitate din prezent dezvoltă pașii precedenți ai tehnologiei, care continuă zi de zi să evolueze. Modificarea parametrilor unui motor poate avea mai multe scopuri: pentru reducerea consumului, pentru reducerea noxelor sau pentru creșterea performanțelor. Acest din urmă scop a fost urmărit și în această lucrare. Documentarea cu privire la metodele de reglaje, la soluțiile aplicate precum și noile posibilități care pot fi atinse, au fost pașii inițiali pentru cercetările experimentale din prezenta lucrare.

Motoarele de producție de serie au fost primele analizate din punctul de vedere al reglajelor unității electronice de comandă și control. S-au realizat modificări prin care s-a obținut o creștere a puterii efective și a momentului motor efectiv de 10% comparativ cu dotarea standard a motoarelor de serie.

În ceea ce privește motoarele de competiții sportive, au fost analizate soluțiile constructive de motor tuning precum și soluțiile electronice de modificare și reglare a parametrilor funcționali. S-a urmărit creșterea puterii efective și a momentului motor efectiv prin utilizarea unui ECU programabil, completat cu motor tuningul realizat prin înlocuirea pieselor din echiparea originală cu piese destinate să aducă un plus de putere motorului.

Natura gazelor evacuate au fost monitorizate cu aparatură specială, puându-se în evidență elementele componente ale emisiilor la diferite forțe de încărcare cu ajutorul standului dinamic cu role.

S-a constatat o creștere a speciilor poluante CO<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub> odată cu creșterea regimului de funcționare a motorului, atât la creșterea turației precum și la creșterea forței de încărcare.

*This work was partially supported by the strategic grant POSDRU /88/1.5/S/50783, Project ID 50783 (2009) co-financed by the European Social Fund – Investing in People, within the sectorial Operational Programme Human Resources Development 2007-2013.*



## CUPRINS

Notații, abrevieri, acronime	
Lista de tabele	
Lista de figuri	
Introducere.....	18
1. Regimurile motorului, dinamica schimbării acestora și influența asupra consumului de combustibil și a emisiilor poluante.....	20
1.1. Motoarele în patru timpi și senzorii acestora.....	20
1.2. Unitățile electronice de comanda și control programabile.....	20
1.3. Unități de sine stătătoare ( <i>stand alone</i> ).....	23
1.4. Sonda lambda bandă largă ( <i>wide band</i> ).....	24
1.5. Consumul de combustibil și gazele de evacuare.....	25
1.6. Concluzii.....	29
2. Stadiul actual al cercetărilor privind reglajele motoarelor actuale, regimurile de funcționare și creșterea performanțelor acestora.....	30
2.1. Scurt istoric.....	30
2.2. Controlul și reglajele efectuate asupra motoarelor cu aprindere prin scânteie.....	31
2.2.1. Reglajele clasice.....	31
2.2.2. Reglajele efectuate în buclă închisă.....	32
2.2.3. Reglaje avansate de control al m.a.s.....	33
2.3. Aprinderea și controlul electronic aprinderii.....	34
2.3.1. Metoda clasică de declanșare a aprinderii.....	34
2.3.2. Generarea impulsurilor cu senzor inductiv montat pe arborele cotit.....	35
2.3.3. Senzorul Hall. Principiul de funcționare.....	36
2.3.4. Controlul avansului la aprindere.....	38
2.4. Stadiul actual al sistemelor electrice de reglare și control.....	39
2.4.1. Soluția dSpace.....	39
2.4.2. Soluția AVL.....	42
2.4.3. Soluția National Instruments.....	43
2.4.4. Soluția Mega Squirt.....	43
2.5. Soluții privind creșterea performanțelor unui motor cu ardere internă.....	44
2.5.1. Tuningul.....	44
2.5.2. Unități electronice de control programabile.....	51
2.6. Natura gazelor evacuate de motoarele cu ardere internă modificate prin tuning și consecințele asupra omului și mediului ambiant.....	53
2.7. Concluzii.....	61
3. Studii teoretice și experimentale privind reglajele motoarelor prin modificarea parametrilor din unitatea electronică de control.....	62
3.1. Lucrul mecanic indicat și randamentul termodinamic indicat.....	63
3.2. Tensiunea pe injector, amestecul carburant aer/combustibil și sondele de oxigen lambda.....	65

## 6 Cuprins

3.2.1. Tensiunea pe injector .....	66
3.2.2. Amestecul carburant aer/combustibil și sondele de oxigen Lambda 70	
3.2.3. Amestecul carburat și întârzierea la aprindere după legea lui Arrhenius.....	76
3.3. Concluzii.....	77
4. Cercetări experimentale privind influența reglajelor asupra performanțelor motoarelor .....	78
4.1. Măsurători experimentale realizate în laboratorul de Dinamica Autovehiculul .....	78
4.1.1. Aparatură și echipamente utilizate în cadrul cercetărilor experimentale.....	79
4.1.2. Cercetări experimentale realizate asupra motorului testa K7J 1.4 MPI.....	84
4.2. Reglaje privind evoluția performanțelor pentru autovehiculul testat .....	89
4.2.1. Pregătirea datelor privind cercetările experimentale .....	89
4.3. Rezultate experimentale .....	89
4.3.1. Modelarea și simularea pulsului injectorului.....	90
4.3.2. Tehnologia PWM .....	91
4.3.3. Rezultate experimentale privind variația timpilor de injecție și curentul de la bujie .....	103
4.3.4. Reglaje la nivelul ECU asupra motorului testat K7J 1.4MPI.....	106
4.3.5. Optimizarea curbelor de putere și de moment motor pentru motorul testat .....	108
4.3.6. Variația timpilor de injecție utilizând Logica Fuzzy.....	121
4.4. Concluzii.....	124
5. Cercetări experimentale asupra reglajelor motoarelor cu ajutorul calculatoarelor de bord programabile, și implicații asupra performanțelor energetice și emisiilor poluante .....	125
5.1. Date preliminare.....	125
5.2. Controlul lambda la m.a.s.....	126
5.2.1. Clasificare sonde lambda .....	127
5.2.2. Defectare sondă lambda.....	128
5.3. Reglaje privind evoluția performanțelor și natura gazelor evacuate pentru motorul testat Volvo 440 1.7 Turbo .....	129
5.3.1. Obiective .....	132
5.3.2. Puncte de plecare .....	133
5.3.3. Variațiile concentrațiilor gazelor evacuate pe durata încercărilor experimentale după reglajele realizate cu ajutorul ECU programabil .....	135
5.3.4. Variațiile speciilor poluante emise de către motorul testat, Volvo 440 1.7 Turbo.....	140
5.4. Studiu comparativ asupra speciilor gazelor poluante evacuate de către autovehiculul echipat cu ECU programabil.....	160
5.4.1. Variația monoxidului de carbon .....	160
5.4.2. Variația dioxidului de carbon .....	164
5.4.3. Variația oxigenului .....	169
5.4.4. Variația hidrocarburilor nearse .....	173

---

5.4.5. Variația oxizilor de azot .....	177
5.5. Studii și cercetări experimentale realizate asupra motorului VW Golf II	181
5.5.1. Rezultate experimentale .....	183
5.6. Concluzii.....	189
6. Concluzii finale și contribuții personale .....	191
6.1. Concluzii finale .....	191
6.2. Contribuții personale .....	193
Bibliografie.....	195
Anexe	
.....	20
2	

## NOTAȚII, ABREVIERI, ACRONIME

n – turație  
v – viteză  
s – sarcină  
a – avansul la aprindere  
d – dozajul  
 $\lambda$  – coeficientul excesului de aer  
k – coeficientul de absorbție  
OPAC – opacitatea  
 $i_1 \dots i_m$  – factori interni  
 $e_1 \dots e_n$  – factori externi  
 $F_a$  – ecuație matematică diferențială pentru avans  
 $F_d$  – ecuație matematică diferențială pentru dozaj  
I/O – input/output  
U – tensiune  
 $t_z$  – puncte de intersecție ale undei cu axa timpului  
 $U_H$  – tensiunea Hall  
EF – element filtrant  
 $P_e$  – puterea efectivă  
 $M_e$  – momentul (cuplul) efectiv  
m.a.s. – motor cu aprindere prin scânteie  
m.a.c. – motor cu aprindere prin comprimare  
m.a.i. – motor cu ardere internă  
OBD – on board diagnosis (diagnosticare din interiorul autovehiculului)  
 $z_1 \dots z_4$  – parametrii de ieșire ai motorului la ieșirea din camera de ardere  
 $p_0$  – presiunea ambiantă  
 $V_S$  – cilindree  
V – volumul total  
PMI – punctul mort inferior  
PMS – punctul mort superior  
 $L_i$  – lucrul mecanic indicat  
 $p_j$  – presiune funcție de valoarea  $j$   
 $V_j$  – volum funcție de valoarea  $j$   
s – cursa pistonului  
r – raza arborelui cotit  
l – lungime bielă  
 $\alpha$  – unghi arbore cotit  
 $\beta$  – unghiul format de bielă și axa dintre bolț și arborele cotit  
 $s(\alpha)$  – cursa pistonului funcție de unghiul arborelui cotit  
 $T_{qa}$  – cuplul motor al arborelui cotit  
 $\eta_e$  – randamentul efectiv al motorului  
 $L_e$  – lucru mecanic specific efectiv pe ciclu  
 $m_c$  – masa (cantitatea) de combustibil  
 $m_a$  – masa (cantitatea) de aer  
 $\dot{m}_c$  – cantitatea de combustibilului în unitatea de timp  
 $\dot{m}_a$  – cantitatea de aer în unitatea de timp  
 $H_i$  – puterea calorică inferioară a combustibilului  
PWM – pulse width modulation (modulația în lățime semnalului)

$t_a$  – temperatura agentului de răcire (apă)  
 $U_b$  – tensiune baterie  
 $U_s$  – tensiune pe sonda de oxigen (pentru cazul general)  
 $U_{s_{am}}$  – Tensiunea pe sonda de oxigen amonte  
 $U_{s_{av}}$  – Tensiunea pe sonda de oxigen aval  
 AFR – Air-Fuel Ratio (amestecul carburant format din aer și combustibil)  
 MAT – manifold air temperature (temperatura aerului din galeria de admisie)  
 MAP – manifold absolute pressure (presiunea absolută din galeria de admisie)  
 PW – pulse width (durata pulsului)  
 TP – throttle position (poziția clapetei obturator)  
 $L_{st}$  – raportul stoechiometric pentru benzine ( $L_{st} = 14.66$ )  
 $m_{a,t}$  – masa de aer teoretică  
 $m_{c,t}$  – masa de combustibil teoretică  
 $V_c$  – volumul camerei de ardere  
 $\rho$  – densitatea aerului  
 $\lambda_a$  – lambda aer  
 $\lambda_c$  – lambda combustibil  
 A – Arrhenius (cercetător suedez)  
 $T_{id}$  – întârzierea la aprindere  
 $F_x$  – rezistența la înaintare  
 $P_{air}$  – puterea rezistenței aerului  
 $v_{ref}$  – viteza de referință – uzual 90 km/h  
 $P_{flex}$  – puterea de flexibilitate  
 $P_{roll}$  – puterea rezistenței rolei standului dinamic  
 $a_m$  – masa autovehiculului  
 $c_w$  – coeficientul de rezistență al aerului – uzual  $c_w=0,38$   
 $A_{front}$  – suprafața frontală a autovehiculului (lungime x lățime)  
 $v_0$  – viteza curentului de aer frontal  
 $\mu_w$  – coeficientul de flexibilitate  
 $g$  – accelerația gravitațională  
 $\mu_r$  – coeficientul de rezistență la rolă a anvelopelor  
 $K_a$  – factorul de corecție  
 $q$  – consumul specific de combustibil  
 $F$  – debitul combustibilului  
 $D$  – diametrul cilindrului  
 $\rho_f$  – densitatea combustibilului  
 $A_{ef\_v}$  – aria efectivă descrisă deschiderea valvei injectorului  
 $P_{max}$  – puterea maximă atinsă de motor  
 $P_{min}$  – puterea minimă atinsă de motor  
 $t_{inj}$  – timpul de injecție de combustibil  
 $\lambda_0$  – valoare de referință a coeficientului excesului de aer  
 $t_0$  – timp de injecție de referință  
 $F$  – forță de încărcare la roată

## Listă de tabele

- Tabel 1.1 Normele EURO de poluare în g/km
- Tabel 2.2 Variația caracteristicilor elementelor filtrante [37]
- Tabel 3.1 Lucrul mecanic indicat, și pierderile de căldură reale și teoretice
- Tabel 3.2 Date achiziție DDT 2000
- Tabel 3.3 Conversie lambda / AFR
- Tabel 4.1 Date tehnice analizor de gaze MAHA MET 6.1
- Tabel 4.2 Date înregistrate pe standul Maha LPS3000 (motor K7J 1.4MPI)
- Tabel 5.1 Specii poluante motor testat la rularea la forță cu încărcare de 0N
- Tabel 5.2 Specii poluante motor testat la rularea la forță cu încărcare de 1000N
- Tabel 5.3 Specii poluante motor testat la rularea la forță cu încărcare de 1500N
- Tabel 5.4 Specii poluante motor testat la rularea la forță cu încărcare de 2000N
- Tabel 5.5 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.6 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.7 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.8 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.9 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.10 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.11 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.12 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.13 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.14 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.15 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.16 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.17 Concentrație oxigen [%] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.18 Concentrație oxigen [%] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.19 Concentrație oxigen [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare
- Tabel 5.20 Concentrație oxigen [%] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.21 Concentrație oxigen [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.22 Concentrație oxigen [%] la turația de 4000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.23 Concentrație hidrocarburi nearse [ppm] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.24 Concentrație hidrocarburi nearse [ppm] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.25 Concentrație hidrocarburi nearse [ppm] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.26 Concentrație hidrocarburi nearse [ppm] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.27 Concentrație hidrocarburi nearse [ppm] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.28 Concentrație hidrocarburi nearse [ppm] la turația de 4000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.29 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.30 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.31 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.32 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.33 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.34 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 4000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.35 Specii poluante motor testat la rularea cu forță de încărcare de 0N

Tabel 5.36 Specii poluante motor testat la rularea rularea cu forță de încărcare de 400N

Tabel 5.37 Specii poluante motor testat la rularea rularea cu forță de încărcare de 2000N

## Listă de figuri

- Fig.1.1 Ciclu motor pentru un motor cu aprindere prin scânteie [85]
- Fig.1.2 Emisiile de CO<sub>2</sub> pe sectoare pentru anul 2009 [57]
- Fig.1.3 Variația emisiilor de gaze cu efect de seră pentru anul 2009 [57]
- Fig.1.4 Comparație plajă de măsurare sondă lambda bandă îngustă și bandă largă
- Fig.1.5 Variația puterii și a momentului motor înainte și după echiparea cu turbosuflantă
- Fig.1.6 Variația opacității funcție de turație, cu agregat de climă cuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, încărcat cu sarcină variabilă [95]
- Fig.1.7 Variația coeficientului de absorbție k, funcție de turație, cu agregat de climă cuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, încărcat cu sarcină variabilă [95]
- Fig.1.8 Variația opacității funcție de turație, cu agregat de climă decuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, la sarcină zero [95]
- Fig.1.9 Variația coeficientului de absorbție k funcție de turație, cu agregat de climă decuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, la sarcină zero [95]
- Fig.1.10 Consumul de combustibil determinat după regula europeană privind ciclul urban și extra-urban [110]
- Fig.2.1 Schema bloc privind reglajele clasice la m.a.s.
- Fig.2.2 Schemă bloc privind reglajele în buclă închisă la m.a.s.
- Fig.2.3 Schemă bloc privind controlul m.a.i. în funcție de parametrii variabili de intrare [85]
- Fig.2.4 Declanșarea aprinderii (de tip inductiv) – metoda clasică [85]
- Fig.2.5 Formă de undă a tensiunii electromotoare prin metoda clasică [85]
- Fig.2.6 Declanșarea aprinderii cu senzor inductiv [85]
- Fig.2.7 Formă de undă a tensiunii electromotoare prin generarea impulsurilor cu senzor inductive [85]
- Fig.2.8 Principiul de funcționare al senzorului Hall
- Fig.2.9 Schema de generare a efectului Hall
- Fig.2.10 Formă de undă a efectului Hall [85]
- Fig.2.11 Schemă unitate de control al avansului cu microcontroler [85]
- Fig.2.12 Schemă bloc a sistemului de aprindere
- Fig.2.13 Structura de bază de simulare pentru V-ECU
- Fig.2.14 Schemă bloc cuprinzând trei etape principale, cu instrumentele aferente, privind modul de realizare al produselor tip V-ECU
- Fig.2.15 Schemă bloc aplicată cercetărilor experimentale privind ECU programabil
- Fig.2.16 Curbe de putere (Pe) și de cuplu (Me) pentru 5 elemente filtrante [37]
- Fig.2.17 Filtru de aer conic pentru tuning
- Fig.2.18 Galerie admisie pentru tuning
- Fig.2.19 Variația cuplului motor pentru 5 soluții variate privind efectul rezonator [37]
- Fig.2.20 Optimizarea galeriei de admisie cu ajutorul CFD [37]
- Fig.2.21 Distribuția variabilă MultiAir [114]
- Fig.2.22 Galerie evacuare pentru tuning
- Fig.2.23 Compresor mecanic pentru tuning



- Fig.2.24 Turbocompresor pentru tuning
- Fig.2.25 Radiator lichid de răcire modificat
- Fig.2.26 Poziționarea ECU programabil în circuitul unui motor [114]
- Fig.2.27 Unitate ECU programabilă deschisă [114]
- Fig.2.28 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]
- Fig.2.29 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]
- Fig.2.30 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză variabilă, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, fără sarcină [95]
- Fig.2.31 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză constantă(v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]
- Fig.2.32 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză constantă(v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]
- Fig.2.33 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză variabilă, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]
- Fig.2.34 Variația CO și O<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]
- Fig.2.35 Variația CO și O<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]
- Fig.2.36 Variația CO și O<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză variabilă, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]
- Fig.2.37 Curbele de variație ale HC și NO<sub>x</sub>, în funcție de lambda, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, la forță de încărcare 0N [95]
- Fig.2.38 Variația CO<sub>2</sub> [%] la forță de încărcare de 200N, funcție de turație
- Fig.2.39 Variația CO<sub>2</sub> [%] la forță de încărcare de 200N, funcție de lambda
- Fig.2.40 Variația CO<sub>2</sub> [%] la 1500 rot/min pentru diferite valori ale forței de încărcare
- Fig.2.41 Variația CO<sub>2</sub> [%] la 3000 rot/min pentru diferite valori ale forței de încărcare
- Fig.2.42 Tendințele emisiilor de CO<sub>2</sub> rezultate în urma arderii combustibililor fosili
- Fig.3.1 Schemă bloc privind reglajele avansate asupra m.a.i.[85]
- Fig.3.2 Diagrama p-V pentru m.a.s [66]
- Fig.3.3 Schemă funcțională piston/cilindru/bielă/arbore cotit [66]
- Fig.3.4 Variația tensiunii pe injector – caz general
- Fig.3.5 Variație tensiune și curent de pe bujie
- Fig.3.6 Model MATLAB/Simulink pentru tensiune injector și curent bujie
- Fig.3.7 Curent bujie în urma simulărilor MATLAB/Simulink
- Fig.3.8 Tensiunea pe injector – date reale

- Fig.3.9 Imagine pre-vizualizare software DDT2000
- Fig.3.10 Variație teoretică a coeficientului excesului de aer  $\lambda$
- Fig.3.11 Modelare MATLAB/Simulink pentru lambda funcție de tensiune
- Fig.3.12 Grafic lambda f(U) – date reale achiziționate de pe vehiculul testat
- Fig.3.13 Prezentare generală software Mega Log Viewer
- Fig.3.14 Prezentare generală tabele de date Mega Log Viewer cu cursor (punctul albastru) pentru monitorizarea variației AFR și a avansului
- Fig.3.15 Prezentare generală tabel valori Mega Log Viewer pentru monitorizarea variației avansului
- Fig.3.16 Lucrul mecanic efectiv și randamentul efectiv funcție de  $\lambda_a$  și  $\lambda_c$  ( $\lambda_c = \lambda_f = \lambda$  = lambda fuel)
- Fig.3.17 Lucrul mecanic și randamentul termodinamic funcție de  $\lambda_a$  și  $\lambda_c$  – simulare în funcție de date reale
- Fig.3.18 Întârzierea la aprindere ( $\tau_{id}$ ) și temperatura pentru diferite valori ale presiunilor - situația teoretică
- Fig.3.19 Întârzierea la aprindere ( $\tau_{id}$ ) și temperatura pentru diferite valori ale presiunilor – situația reală
- Fig.4.1 Motorul testat K7J 1.4 MPI ce echipază LOGAN Dacia
- Fig.4.2 Echipament analiză gaze, Maha MET 6.1
- Fig.4.3 Probă pentru măsurarea noxelor
- Fig.4.4 Clemă pentru determinare turație motor
- Fig.4.5 Osciloscop Tektronix destinat cercetărilor experimentale
- Fig.4.6 Sondă de curent marca HEME
- Fig.4.7 Sonde de tensiune Tektronix P2220
- Fig.4.8 Poziția regulatorului de încălzire (warm-up) în schema funcțională a motorului
- Fig.4.9 Poziția clapetei de accelerație (°)
- Fig.4.10 Temperatura aerului în colectorul de admisie
- Fig.4.11 Presiune colector de admisie
- Fig.4.12 Temperatură agent de răcire
- Fig.4.13 Model de simulare realizat în MATLAB/Simulink privind variația turației, a nivelului de zgomot, precum și a sondei lambda, a poziției pedalei de accelerație și a presiunii
- Fig.4.14 Variația în timp a clapetei de accelerație, precum și activarea/dezactivarea acesteia
- Fig.4.15 Model modulație a pulsului de formă rectangulară, între valorile de minim și de maxim [115]
- Fig.4.16 Tipuri de unde pentru generarea semnalului PWM
- Fig.4.17 Exemplu de creare a semnalului PWM după un semnal dat (curba de culoare roșie) [115]
- Fig.4.18 Conectare sonde
- Fig.4.19 Vizualizare și achiziție date
- Fig.4.20 Conectarea sondei de tensiune pentru determinarea tensiunii de pe injector
- Fig.4.21 Conectarea sondei de curent pentru determinarea curentului bujiei

- Fig.4.22 Semnal de referință tensiune (de la traductor de pozitie sau corelat cu turația) și curentul pe bujie
- Fig.4.23 Semnal de referință tensiune (de la traductor de pozitie sau corelat cu turația) și curentul pe bujie – scânteii apare periodic pentru cilindru 1(vezi figura 1.1, Cap.1)
- Fig.4.24 Variația turației motorului testat, K7J 1.4 MPI, în unitatea de timp
- Fig.4.25 Variația timpului de injecție în unitatea de timp
- Fig.4.26 Variația tensiunii sondei lambda amonte în unitatea de timp
- Fig.4.27 Variația tensiunii sondei lambda aval în unitatea de timp
- Fig.4.28 Model de simulare în MATLAB/Simulink pentru generarea semnalului PWM
- Fig.4.29 Model de simulare realizat în MATLAB/Simulink pentru determinarea poziției pistonului
- Fig.4.30 Semnalul senzorului de turație – generat de către ECU – realizat prin simulare
- Fig.4.31 Model de simulare realizat în MATLAB/Simulink, pentru determinarea timpului pentru un cilindru și pentru un ciclu complet
- Fig.4.32 Generarea semnalului PWM cu ajutorul programului de simulare MATLAB/Simulink
- Fig.4.33 Principiul de generare al semnalului PWM
- Fig.4.34 Model de simulare MATLAB/Simulink acumulator
- Fig.4.35 Variația tensiunii acumulatorului motorului testat
- Fig.4.36 Modalitate de modificare a semnalului PWM pentru fiecare injector în parte în vederea optimizării timpului de injecție, implicit deci a creșterii performanțelor motorului
- Fig.4.37 Variația  $t_{inj}$
- Fig.4.38 Modelul de simulare MATLAB/Simulink privind semnalul timpului de injecție
- Fig.4.39 Modelul matematic de calcul al timpului de injecție realizat cu MATLAB/Simulink
- Fig.4.40 Variație timp de injecție calculat și măsurat pentru motorul testat K7J 1.4 MPI, Dacia Logan
- Fig.4.41 Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 1
- Fig.5.42 Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 2
- Fig.5.43 Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 3
- Fig.4.44 Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 4
- Fig.4.45 Variație buclă dublă de îmbogățire – 1=activă 0=inactivă
- Fig.4.46 Variația regulatorului de îmbogățire / 1=activă 0=inactivă
- Fig.4.47 Variația regulatorului de îmbogățire după anularea limitării
- Fig.4.48 Variația factorului de îmbogățire în urma anulării limitării
- Fig.4.49 Variația consumul instantaneu de combustibil funcție de turație
- Fig.4.50 Variația consumului instantaneu de combustibil funcție de viteza vehiculului
- Fig.4.51 Variația consumului instantaneu de combustibil raportat în funcție de turația motorului și presiunea din colectorul de admisie
- Fig.4.52 Variație punctiformă a consumului instantaneu de combustibil pentru motorul testat K7J 1.4 MPI

- Fig.4.53 Variația vitezei vehiculului funcție de turație după dezactivarea limitării de turație
- Fig.4.54 Variația timpului de injecție după dezactivarea limitării de turație
- Fig.4.55 Variația timpului de injecție funcție de consumul de combustibil
- Fig.4.56 Dependența dintre turație, consumul de combustibil și timpul de injecție
- Fig.4.57 Variația curbelor de putere efectivă și de moment motor efectiv înainte și după dezactivarea limitării turației
- Fig.4.58 Variația puterii efective pentru motorul testat, K7J 1.4 MPI după dezactivarea limitării turației
- Fig.4.59 Variația momentului motor efectiv pentru motorul testat, K7J 1.4 MPI după dezactivarea limitării turației
- Fig.4.60 Variație turație motor testat
- Fig.4.61 Variație poziție clapetă obturator
- Fig.4.62 Variația temperatură aer admisie și temperatură agent de răcire (apă)
- Fig.4.63 Variația presiune colector de admisie funcție de timp
- Fig.4.64 Variația tensiune acumulator
- Fig.4.65 Variația tensiunii senzorului de oxigen: amonte și aval
- Fig.4.66 Variația nivelului mediu de zgomot produs în camera cilindrului, măsurat cu senzorul de detoranjie
- Fig.4.67 Variația presiune mediu ambiant
- Fig.4.68 Optimizare PreLookup putere efectivă și moment motor efectiv
- Fig.4.69 Diagrama FIS pentru determinarea timpului de injecție și a poluării
- Fig.4.70 Diagrama FIS pentru determinarea consumului de combustibil
- Fig.4.71 Regul Fuzzy Logic pentru variația timpilor de injecție și a poluării
- Fig.4.72 Model de simulare MATLAB/Simulink pentru determinarea timpilor de injecție
- Fig.4.73 Model logică fuzzy pentru variația turației
- Fig.4.74 Variația timpilor de injecție prin cele trei soluții
- Fig.5.1 Motorul testat Volvo 440 turbo, 1.7 MPI ce echipează Renault 5 GTT (vehicul special dedicat competițiilor sportive profesionale)
- Fig.5.2 Sonda lambda LSU ADV destinată motoarelor diesel [93]
- Fig.5.3 Variație presiune sondei lambda LSU 4 [93]
- Fig.5.4 Cameră de ardere motor cu injecție directă de combustibil [115]
- Fig.5.5 Afișaj variație boost
- Fig.5.6 Afișaj variație AFR
- Fig.5.7 Filtru de aer conic de pe motorul testat
- Fig.5.8 Galerie de admisie modificată de pe motorul testat
- Fig.5.9 Motorul Volvo 440 turbo 1.7
- Fig.5.10 Schemă bloc de funcționare a autovehiculului cu ECU programabil inclus
- Fig.5.11 Imagine de ansamblu a softului utilizat la efectuarea reglajelor privind creșterea performanțelor motoarelor
- Fig.5.12 Variație presiune colector admisie (MAP= Manifold Absolute Pressure)
- Fig.5.13 Variație poziție clapetă obturator (TP= Throttle Position)
- Fig.5.14 Variație temperatură agent de răcire
- Fig.5.15 Variație temperatură aer colector admisie (MAT= Manifold Air Temperature)

- Fig.5.16 Tabel valori AFR implicite (default)  
Fig.5.17 Tabel valori AFR modificate  
Fig.5.18 Tabel valori modificate pentru eficiența volumetrică  
Fig.5.19 Table valori modificate pentru harta avansului la aprindere  
Fig.5.20 Imagine fereastră înregistrare specii poluante cu echipamentul Maha MET 6.1  
Fig.5.21 Variația CO în funcție de turație la sarcină, la 0N  
Fig.5.22 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.23 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.24 Variația CO<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.25 Variația O<sub>2</sub> în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.26 Variația O<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.27 Variația HC în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.28 Variația HC în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.29 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.30 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.31 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0N  
Fig.5.32 Variația puterii efective la sarcină 0N  
Fig.5.33 Variația momentului motor efectiv la forță de încărcare 0N  
Fig.5.34 Variația CO în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N  
Fig.5.35 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000 N  
Fig.5.36 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N  
Fig.5.37 Variația CO<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000 N  
Fig.5.38 Variația O<sub>2</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N  
Fig.5.39 Variația O<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000 N  
Fig.5.40 Variația HC în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N  
Fig.5.41 Variația HC în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 1000 N  
Fig.5.42 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N  
Fig.5.43 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de lambda la forță de încărcare de 1000N  
Fig.5.44 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N  
Fig.5.45 Variația CO în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.46 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.47 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.48 Variația CO<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.49 Variația O<sub>2</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.50 Variația O<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.51 Variația HC în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.52 Variația HC în funcție de Lambda la sarcină, la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.53 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.54 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de Lambda la sarcină, la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.55 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N  
Fig.5.56 Variația CO în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.57 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N

- Fig.5.58 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.59 Variația CO<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.60 Variația O<sub>2</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.61 Variația O<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.62 Variația HC în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.63 Variația HC în funcție de Lambda la sarcină, la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.64 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.65 Variația NO<sub>x</sub> în funcție de Lambda la sarcină, la forță de încărcare de 2000N  
Fig.5.66 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N  
Fig. 5.67 Variație CO [%] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.68 Variație CO [%] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.69 Variație CO [%] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.70 Variație CO [%] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.71 Variație CO [%] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.72 Variație CO [%] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.73 Variație CO<sub>2</sub> [%] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.74 Variație CO<sub>2</sub> [%] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.75 Variație CO<sub>2</sub> [%] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.76 Variație CO<sub>2</sub> [%] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.77 Variație CO<sub>2</sub> [%] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.78 Variație CO<sub>2</sub> [%] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.79 Variație O<sub>2</sub> [%] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.80 Variație O<sub>2</sub> [%] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.81 Variație O<sub>2</sub> [%] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.82 Variație O<sub>2</sub> [%] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.83 Variație O<sub>2</sub> [%] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare  
Fig. 5.84 Variație O<sub>2</sub> [%] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

- Fig. 5.85 Variație HC [ppm] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig. 5.86 Variație HC [ppm] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig. 5.87 Variație HC [ppm] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig. 5.88 Variație HC [ppm] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig. 5.89 Variație HC [ppm] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig. 5.90 Variație HC [ppm] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig.5.91 VariațieNOx [ppm] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig.5.92 VariațieNOx [ppm] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig.5.93 VariațieNOx [ppm] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig.5.94 VariațieNOx [ppm] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig.5.95 VariațieNOx [ppm] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig.5.96 VariațieNOx [ppm] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare
- Fig.5.97 Motorul testat GX 1.8 ce echipază VW Golf II
- Fig.5.98 Variația puterii efective a motorul testat GX 1.8 Golf II
- Fig.5.99 Variația momentului motor efective pentru motorul testat GX 1.8 Golf II
- Fig.5.100 Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație la forță de încărcare de 0 N
- Fig.5.101 Variația CO<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0 N
- Fig.5.102 Variația HC funcție de turație la forță de încărcare de 0 N
- Fig.5.103 Variația NOx funcție de turație la forță de încărcare de 0 N
- Fig.5.104 Variația CO<sub>2</sub> funcție de turație la forță de încărcare de 400 N
- Fig.5.105 Variația CO<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 400 N
- Fig.5.106 Variația HC funcție de turație la forță de încărcare de 400 N
- Fig.5.107 Variația NOx funcție de turație la forță de încărcare de 400 N
- Fig.5.108 Variația CO<sub>2</sub> funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N
- Fig.5.109 Variația CO<sub>2</sub> și Lambda funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N
- Fig.5.110 Variația HC funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N
- Fig.5.111 Variația NOx funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N

## Introducere

Lumea în care trăim oferă foarte multe lucruri, plecând de la informații, care sunt cele mai importante, și ajungând până la oferte personalizate pe produse în funcție de istoricul achizițiilor. Avantajele acestea unii le folosesc reușind astfel, într-un timp relativ scurt, să progreseze, ducând la bun sfârșit ceea ce și-au propus.

În ceea ce privește tema abordată, lucrurile se prezintă astfel: sunt persoane dornice să ruleze pe drumuri cu mașini cât mai puternice, să ajungă în timpul cel mai scurt posibil la destinația propusă și fără incidente; sau pentru ca viața să nu fie atât de monotona, o presară cu multă adrenalină, făcând o pasiune pentru motoarele cu mulți cai putere.

Când vorbim despre tuning, trebuie să ne gândim la motoarele cu ardere internă, fie cu aprindere prin comprimare, fie cu aprindere prin scânteie. De asemenea, trebuie neapărat să menționăm și faptul că atunci când vorbim de tuning nu trebuie să ne gândim doar la părțile mecanice ale autovehiculului, ci acest domeniu implică mai multe alte domenii, și anume domeniul IT (Information Technologies), de care se leagă atât partea software cât și partea hardware. Pe lângă acest domeniu, menționăm strânsă legătură cu tuning și a domeniului electric/electronic. Legăturile pe care aceste trei mari domenii le au fac posibile noi dezvoltări în domeniul tehnic, implicit în tuning, fiecare dintre acestea aducând aporturi considerabile, corespunzător domeniului abordat. Astfel, o unitate electronică de control, ce echipează toate autovehiculele de astăzi, îmbină două mari domenii: cel electric/electronic și cel IT. Acestea două, fără industria constructoare de autovehicule, deci fără partea mecanică, nu poate atinge țelul, prin urmare, co-abitarea acestor trei mari domenii, și nu numai, face ca scopul și prezentei teze de doctorat, care prezintă evoluția parametrilor implicați în creșterea performanțelor autovehiculelor, prin aceste domenii: mecanic, IT și electronic, să fie atins.

Cu toate că tendințele din ultima perioadă sunt preponderent ecologice, în sensul reducerii speciilor poluante emise de motoarele termice, și/sau utilizarea de surse de energii alternative, cu emisii zero (autovehiculele electrice), și anume soluțiile oferite de lumea inginerilor să privească și spre mediul ambiant, dovada stă Protocolul de la Kyoto, lumea motoarelor modificate sfidând însă aceste cerințe, privind spre atingerea țelurilor propuse și anume al performanțelor crescute, cu costuri cât mai reduse.

Caracteristicile pe care le oferă firmele constructoare de mașini, și aici vorbim de putere, par să nu mulțumească conducătorii auto, indiferent cât de mult au evoluat lucrurile în ultima perioadă de timp. Prin urmare cei care doresc un plus de putere sau o creștere de putere în timp scurt, îl vor obține, datorită soluțiilor care sunt dintre cele mai diverse, funcție de caracteristicile motorului care urmează să fie modificat.

Din nefericire însă, odată cu creșterea puterii motoarelor, este posibilă creșterea tuturor speciilor poluante, cum ar fi oxizii de azot sau dioxidul de carbon.

Tuningul reprezintă modalitatea prin care acel plus de putere se regăsește dovedit, pe motorul modificat, dovadă fiind măsurătorile realizate cu aparatură de specialitate, în locuri special amenajate. Modalitățile de obținere a performanțelor crescute, comparativ cu echiparea standard a motoarelor, sunt multiple, plecând de la simpla schimbare a filtrului de aer, și ajungând până la păstrarea doar a șasiului autovehiculului și a blocului motor, întreg restul echipamentelor fiind înlocuite cu altele, noi sau after-market, unele care aduc plus de putere, iar altele care țin doar de partea exterioară, a esteticului.



În ceea ce privește natura gazelor eșapate, când vorbim despre un motor modificat, lucrurile nu sunt foarte simple, și anume din cauza multitudinii variantelor prin care un motor

poate fi modificat, și în principal, de stilul de condus al posesorului autoturismului modificat, natura gazelor evacuate pot fi ori foarte bogate cantitativ în combustibili nearși, deci foarte nocive omului și mediului ambiant, însă pot fi și la limita admisă, însă această situație nu se regăsește practic de foarte multe ori. Din punctul de vedere al cercetării, acest lucru implică o serie de calcule, analize, diagrame și încercări, căutându-se o variantă optimă, care să ofere putere mai mare și consum de combustibil mai scăzut. Acest lucru însă trebuie verificat, demonstrat, dacă într-adevăr odată realizat tuningul, puterea motorului va crește iar consumul de combustibil va scădea.

În ceea ce privește teza de doctorat, aceasta dorește să prezinte studiile și analizele, încercările experimentale și contribuțiile personale, realizate pe parcursul perioadei de doctorat, și să afirme ce înseamnă tuning-ul din punctul de vedere al unui inginer.

Teza de doctorat dorește să prezinte studiile realizate pe motoare cu ardere internă, a căror caracteristici au fost modificate în vederea obținerii unui plus de putere, prin intermediul unității electronice de control, denumita mai departe în teză ECU (Engine Control Unit) și nu doar prin ECU.

Teza de doctorat este structurată pe 6 capitole în care sunt tratate atât aspecte teoretice cât și practice privind simularea proceselor din motoarele cu ardere internă. Încercările experimentale s-au realizat pe standul dinamic cu role Maha LPS 3000, iar cele privind natura gazelor de evacuare s-au realizat cu ajutorul echipamentelor din dotarea laboratorului, Maha MET 6.1, în final prezentându-se concluziile la care s-au ajuns precum și contribuțiile personale.

*Capitolul 1* prezintă date cu privire la regimurile motorului cu ardere internă, implicațiile care le aduce schimbările de regimuri asupra consumului de combustibil și asupra naturii gazelor de evacuare.

*Capitolul 2* cuprinde informații despre stadiul actual privind creșterea performanțelor unui motor cu ardere internă, aducând la zi și structurând soluțiile de astăzi privind motoarele modificate prin tuning. Capitolul descrie o parte dintre soluțiile cele mai utilizate în lumea tuningului.

*Capitolul 3* prezintă studiile teoretice și experimentale cu privire la reglajele realizate din unitatea electronică de comandă și control, evoluția tehnologiilor de comandă și control, cu directă aplicație asupra timpului de injecție de combustibil precum și asupra monitorizării senzorului de oxigen, lambda.

*Capitolul 4* prezintă încercările experimentale realizate în cadrul Facultății de Mecanică din Timișoara, laboratorul de dinamica autovehiculului, unde au fost realizate reglaje privind timpul de injecție cu scopul îmbunătățirii performanțelor energetice ale motorului testat KJ7 1.4 MPI, ce echipază LOGAN Dacia.

*Capitolul 5* prezintă încercările experimentale realizate în cadrul Facultății de Mecanică din Timișoara, în laboratorul de dinamica autovehiculului, asupra motorului Volvo 440 1.7 Turbo, ce echipază Renault 5, echipat cu ECU programabil, vehicul special modificat și destinat competițiilor sportive. S-a avut în vedere pe primul plan creșterea performanțelor energetice, analizându-se și comportamentul motorului la trecerea prin mai multe regimuri de funcționare. Pentru evaluarea speciilor poluante emise de către autovehiculul testat s-a utilizat echipamentul din dotarea laboratorului.

*Capitolul 6* prezintă concluziile finale și contribuțiile personale în realizarea prezentei teze de doctorat.

# **1. REGIMURILE MOTORULUI, DINAMICA SCHIMBĂRII ACESTORA ȘI INFLUENȚA ASUPRA CONSUMULUI DE COMBUSTIBIL ȘI A EMISIILOR POLUANTE**

## **1.1. Motoarele în patru timpi și senzorii acestora**

Funcționarea motorului cu ardere internă urmează principii bine definite încă de la apariția acestora [1], [2] (figura 1.1). Odată cu evoluția tehnologiei însă, procesele care au loc în interiorul camerei de ardere, și nu doar acestea, au putut și pot fi monitorizate.

Motoarele termice în 4 timpi de astăzi sunt echipate cu echipamente menite să ajute la gestiunea parametrilor funcționali ai motorului și/sau a întregului autovehicul, a consumului de combustibil, a naturii gazelor evacuate. Cele mai bine dezvoltate echipamente, și care în ultima perioadă au fost foarte bine dezvoltate, sunt senzorii [85]. Printre senzorii amplasați pe și în autovehicul / motor, amintim:

- Senzorul de pe volant – detectează ciclurile motorului pe durata funcționării. Cu ajutorul unui magnet, amplasat pe volanta, senzorul detectează fiecare rotație completă a volantului, implicit a unui ciclu motor complet.
- Senzorul poziției clapetei de accelerație – detectează poziția clapetei de pe traseul de admisie, poziție strâns legată cu poziția pedalei de accelerație, care de asemenea posedă un senzor de poziție, pentru determinarea unghiului pedalei.
- Senzorul lambda – autovehiculele posedă două astfel de sonde lambda, sonde care detectează cantitatea de oxigen din gazele evacuate de către motor. Prima sonda este amplasată imediat după galeria de evacuare, iar cea de-a doua sonda este amplasată după catalizator.
- Senzorul de temperatură/presiune apă – monitorizează evoluția temperaturii / presiunii lichidului de răcire al motorului pe durata funcționării acestuia.
- Senzorul de temperatură/presiune ulei – monitorizează evoluția temperaturii / presiunii uleiului motorului pe durata funcționării acestuia.

Pe lângă acești senzori mai amintim: senzorul de temperatură pentru gazele evacuate (EGT – Exhaust Gas Temperature), senzorul de presiune a aerului de admisie, senzorul de presiune din carter, senzorul vitezei la roată, senzor unghi de direcție, etc.

Monitorizarea acestor senzori se realizează cu ajutorul unităților electronice din dotarea autovehiculelor. Funcționarea la parametrii optimi de asemenea este posibilă cu ajutorul ECU, însă și conducătorul auto poate influența regimurile de funcționare ale motorului.

## **1.2. Unitățile electronice de comanda și control programabile**

Funcționarea motoarelor de astăzi implică o serie de elemente, printre care cel mai importat este Unitatea Electronică de Control (*în limba engleză Engine Control Unit – ECU*) [126]. Calculatorul de bord al autovehiculelor a fost dezvoltat cu scopul de a facilita funcționarea și utilizarea autovehiculelor de către conducătorii auto. Primele calculatoare de bord utilizau machete sau tabele, în care erau notate

valori de referință pentru buna funcționare a motorului, la parametri normali. Însa regimurile la care este supus un motor în timpul funcționării variază foarte mult, implicând o serie de factori variabili. Temperatura și presiunea aerului admis în camera de ardere sunt doar două exemple de parametri care oscilează într-un timp între diferite valori.

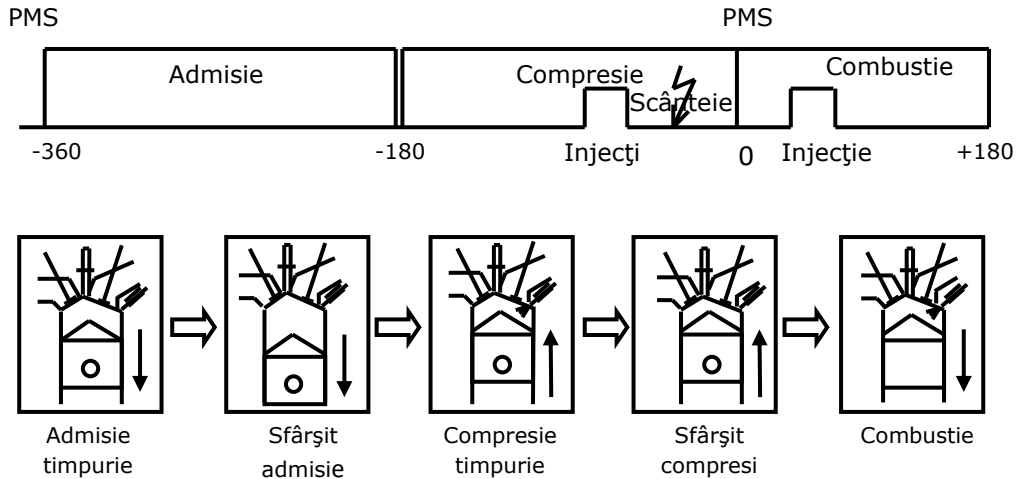


Fig.1.1 Ciclul motor pentru un motor cu aprindere prin scânteie [85]

Preocuparea inginerilor și proiectanților de autovehicule a fost dintotdeauna, obținerea unui randament ridicat al motoarelor, cu costuri cât mai reduse. Randamentul motoarelor termice este strict legat de procesele care au loc în interiorul camerei de ardere, împreună cu toate elementele conexe, iar costurile sunt în principal cele legate de prețul de achiziție al autovehiculului precum și de combustibilul utilizat și cel al consumabilelor. ECU al autovehiculelor, în urma dezvoltărilor recente, trebuie, și poate, să satisfacă atât cerințele conducătorilor auto, cât și normele impuse de legislațiile în vigoare, în special cele cu privire la natura gazelor evacuate. De asemenea trebuie să țină cont și de stilul de condus al conducătorului auto care va produce efecte asupra consumului de combustibil implicit asupra naturii gazelor [67], [73].

Recentele studii prezintă dovezi clare cum că motoarele care utilizează combustibili fosili ca sursă de energie, prezintă pericole majore privind sănătatea publică și a mediului, motive pentru care constrângerile de natura legislativă, privind reducerea elementelor componente din gazele de evacuare cu efecte cancerigene, au sporit în ultimii ani [107], [108]. Dovadă stau normele Euro, de la Euro I la Euro VI (tabel 1.1) pentru vehiculele comerciale.

De asemenea emisiile de gaze cu efect de seră sunt în continuare o provocare pentru lumea autoturismelor [3], [23], acest domeniu fiind încă ținta grupărilor ecologiste, fiind privit ca inamic (figura 1.2), cu toate că domeniul transporturilor reprezintă doar 23 % din totalul emisiilor de  $CO_2$ , [99] care este principalul element al gazelor cu efect de seră.

Istoria a demonstrat faptul că emisiile de gaze cu efect de seră sunt și o consecință a industrializării, țările puternic dezvoltate fiind printre primele în topul țărilor cu emisiile cele mai mari de gaze cu efect de seră (figura 1.3) [92].

24 Regimurile motorului, dinamica schimbării acestora și influențe – 1

Tabel 1.1 Normele EURO de poluare în g/km

NIVELUL	DATA	CO	THC	NMHC	NOx	HC+NOx	PM
<b>DIESEL</b>							
Euro 1	Iulie 1992	2.72 (3.16)				0.97 (1.13)	0.14 (0.18)
Euro 2	Ianuarie 1996	1.0				0.7	0.08
Euro 3	Ianuarie 2000	0.64			0.50	0.56	0.05
Euro 4	Ianuarie 2005	0.05			0.25	0.30	0.025
Euro 5	Septembrie 2009	0.500			0.180	0.230	0.005
Euro 6	Septembrie 2014	0.500			0.080	0.170	0.0025
<b>BENZINĂ</b>							
NIVELUL	DATA	CO	THC	NMHC	NOx	HC+NOx	PM
Euro 1	Iulie 1992	2.72 (3.16)				0.97 (1.13)	
Euro 2	Ianuarie 1996	2.2				0.5	
Euro 3	Ianuarie 2000	2.3	0.20		0.15		
Euro 4	Ianuarie 2005	1.0	0.10		0.8		
Euro 5	Septembrie 2009	1.000	0.100	0.068	0.060		0.005
Euro 6	Septembrie 2014	1.000	0.100	0.068	0.060		0.005

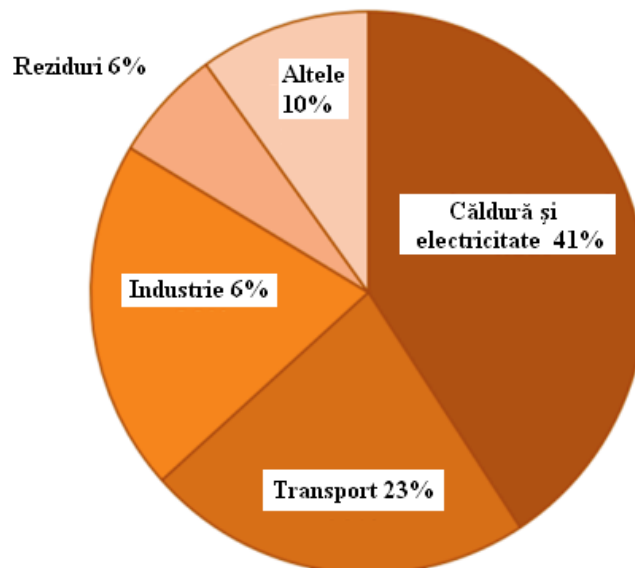


Fig. 1.2 Emisiile de CO<sub>2</sub> pe sectoare pentru anul 2009 [57]

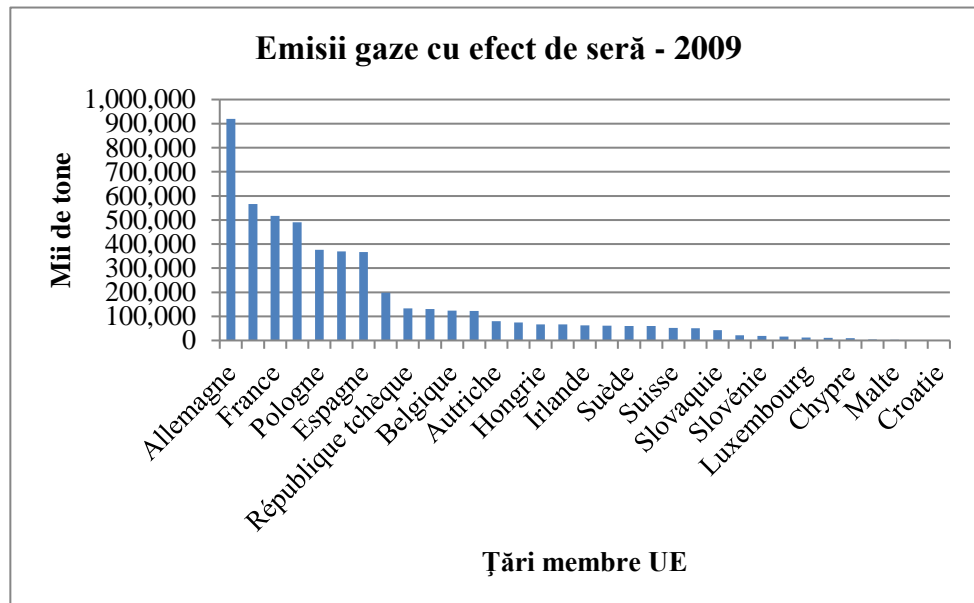


Fig. 1.3 Variația emisiilor de gaze cu efect de seră pentru anul 2009 [57]

### 1.3. Unități de sine stătătoare (stand alone)

Autovehiculele de astăzi însă au în dotare o serie de echipamente menite să faciliteze funcționarea în parametri nominali ai motorului, la diferitele regimuri funcționale la care este supus pe durata rulării. Amintim sistemul *Stop and Start*, sistem menit să reducă consumul de combustibil și de noxe. Acesta este foarte avantajos pentru vehiculele care sunt utilizate foarte mult timp în interiorul orașelor, și anume cele cu multe intersecții semaforizate. Acest sistem oprește automat și apoi repornește motorul cu ardere internă, reducând timpul de funcționare al motorului. Sistemul *Stop and Start* a fost introdus în vederea reducerii consumului de combustibil precum și pentru a se înlocui stilul (modul) de utilizare a regimurilor motorului pe durata staționării la intersecții sau semafoare.

Este cunoscut faptul că emisiile cele mai dăunătoare sunt în etapa de pornire la rece a motorului, situație în care peste 60% dintre poluanți eliminați prin sistemul de evacuare. Cauza principală o reprezintă arderile incomplete precum și temperaturile de funcționare optimă încă neatinse.

Dinamica schimbării comenzilor (manevrabilitatea) pe care o posedă sau nu conducătorul auto, are consecințe privind funcționarea motorului la parametri optimi. Modalitatea de plecare de pe loc, a schimbării treptelor de viteză, adaptarea vitezei de parcurs conform cu condițiile de trafic, se răsfrâng asupra consumului de combustibil precum și asupra gazelor de evacuare. Studiile de specialitate prezintă etapele optime care trebuie parcurse în vederea funcționării motorului la parametri optimi. Spre exemplu, în vederea reducerii emisiilor poluante la pornirea motorului la rece, se recomandă funcționarea la mers în gol sau utilizarea unor dispozitive care să reducă perioada de încălzire a catalizatorului [19], [49].

Pentru situațiile de astăzi, și anume un număr tot mai mare de autovehicule prezente pe șosele, care nu au fost adaptate acestei creșteri a numărului de

autovehicule, situația schimbării regimurilor de funcționare precum și a stilului de condus, a fost preluată de către unitatea electronică de comandă și control. Sarcini precum formarea amestecului carburant, cantitatea de combustibil injectată, atingerea temperaturilor optime de funcționare în timpul cel mai scurt posibil, controlul gazelor de evacuare, și multe altele, au fost preluate de către ECU.

Sistemul de injecție multipunct, sistem cu care sunt dotate un număr mare de autovehicule cu motoare cu aprindere prin scânteie [14], [76], este capabil să gestioneze injecția de combustibil, ca și cantitate precum și ca durată în timp, bineînțeles, în strânsă legătura cu tipul de injectoare cu care este echipat autovehiculul [100], [101]. Studiile recente au dovedit că electronica și partea software, cu care sunt echipate toate autovehiculele noi produse, sunt cele cu ajutorul cărora se poate lucra la optimizarea performanțelor autovehiculelor. Motivele fiind cele legate de faptul că studiile cu privire la diferitele materiale care pot fi folosite în vederea îmbunătățirii performanțelor autovehiculelor, cel puțin până în prezent, au ajuns la un punct de saturație.

Avantajele pe care le oferă electronica, partea hardware și partea software, ale autovehiculelor, au reușit să se impună cu privire la controlul și gestionarea „comportamentului” motorului pe durata funcționării acestuia. Prin urmare, prezentăm avantajele pe care le oferă calculatoarele de bord *stand alone*, unități prin care și cu ajutorul cărora, semnalele emise de către senzorii motorului, sunt preluate, verificați, analizați, și apoi modificați cu scopul final de a obține performanțe crescute ale motorului, toate acestea realizându-se în timp real. Logarea se face cu ajutorul mufei OBD II, iar un software dedicat permite analiza parametrilor în vederea modificării acestora [8].

#### **1.4. Sonda lambda banda larga (wide band)**

Unul dintre parametrii cei mai importanți care este analizat cu acest calculator de bord *stand alone* îl reprezintă coeficientul excesului de aer lambda,  $\lambda$ , senzor menit să ofere informații precise și prețioase cu privire la cantitatea de oxigen din gazele de evacuare, cu consecințe privind realizarea unui amestecului carburant optim, denumit ARF (air-fuel ratio). Menționăm că sondele lambda utilizate împreună cu calculatorul *stand alone* nu sunt dintre cele standard, adică cu bandă îngustă de măsurare, ci sonde lambda bandă largă de măsurare.

În figura 1.4 se poate observa avantajul oferit de sonda lambda cu banda largă (*wide band*) – culoarea roșie – care prezintă valori crescătoare pe axa verticala, unde se măsoară tensiunea în [V] și după trecerea de punctul critic, cel stoechiometric, pe când valorile sondei lambda cu banda îngustă (*narrow band*), scad brusc odată cu atingerea valori stoechiometrice.

Un astfel de echipament vizează optimizarea funcționării motorului, deci creșterea de performanțe, lăsând pe al doilea plan natura gazelor evacuate. Un astfel de control al funcționării motoarelor, și anume electronic, trebuie privit, însă nu neapărat, ca și o completare a motor-tuningului. Acesta din urmă vizează înlocuirea mecanică a anumitor echipamente cu altele mai performante, cum ar fi galerie admisie, galerie evacuare, filtru aer, biele, turbosuflyante, etc., elemente care și ele au menirea de a îmbunătăți funcționarea motorului termic. Cercetările experimentale au demonstrat că și doar înlocuirea mecanică a unor elemente mecanice – în cazul motoarelor cu ardere prin comprimare este vorba de turbosuflyantă – pot aduce un plus de putere semnificativă motorului. O dovada o reprezintă figura 1.5, unde se pot observa curbele de putere și de cuplu, prezentând creșteri relativ constante, comparative ce celelalte, dinaintea echipării cu turbosuflyantă.

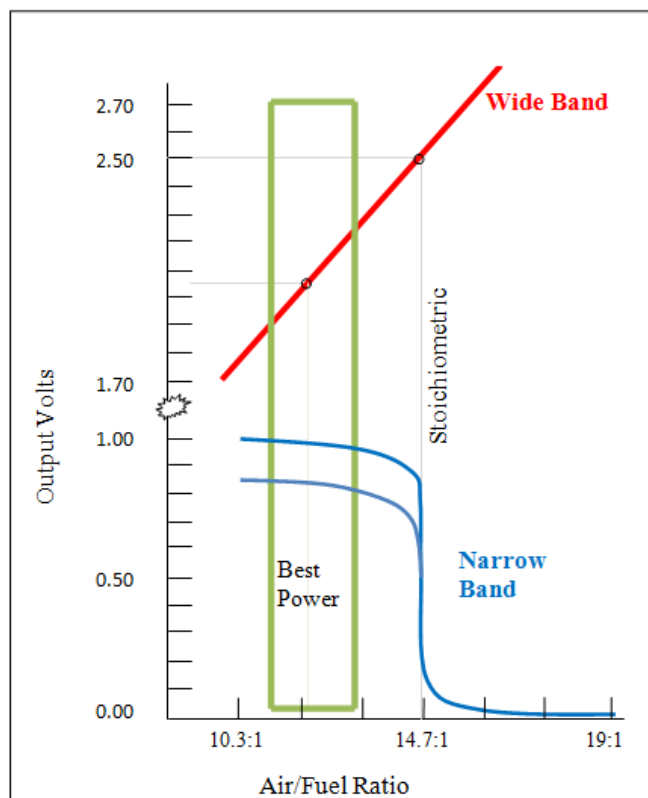


Fig. 1.4 Comparație plajă de măsurare sondă lambda bandă îngustă și bandă largă

Figura 1.5 prezintă comparativ, evoluția puterii și a momentului în funcție de turația motorului, pentru un motor diesel, înainte de a fi echipat cu turbosuflantă, precum și după instalarea acesteia. Au fost înregistrate câte două măsurători pentru fiecare curbă. Creșterea de putere, măsurată în HP, (în limba engleză HP=Horse Power), pentru valorile maxime, este de 30 HP, ceea ce înseamnă 22,37 kW, unde 1 HP=0,745 kW, iar creșterile pentru momentul motor, din ft-lbs în Nm, (în limba engleză ft-lbs=pound-foot), sunt de 30 ft-lbs, ceea ce reprezintă 40,674 Nm, unde 1 ft-lbs=1,355 Nm.

### 1.5. Consumul de combustibil și gazele de evacuare

Dintre factorii care pot influența consumul de combustibil se numără starea tehnică autovehiculului, care trebuie să ofere o bună funcționare, optimă, geometria roților, dimensiunile anvelopelor, precum și presiunea scăzută în anvelope conduce la creșterea consumului de combustibil. Însă factorul principal privind consumul de combustibil îl reprezintă conducătorul auto, precum și stilul de condus. Stilul *sportiv* de condus va aduce la un consum crescut de combustibil, trecerea de la un regim de funcționare la altul, într-un timp foarte scurt, plecările de pe loc cu clapeta obturator deschisă la maxim, precum și frânările bruște, conduc la un consum de combustibil crescut.

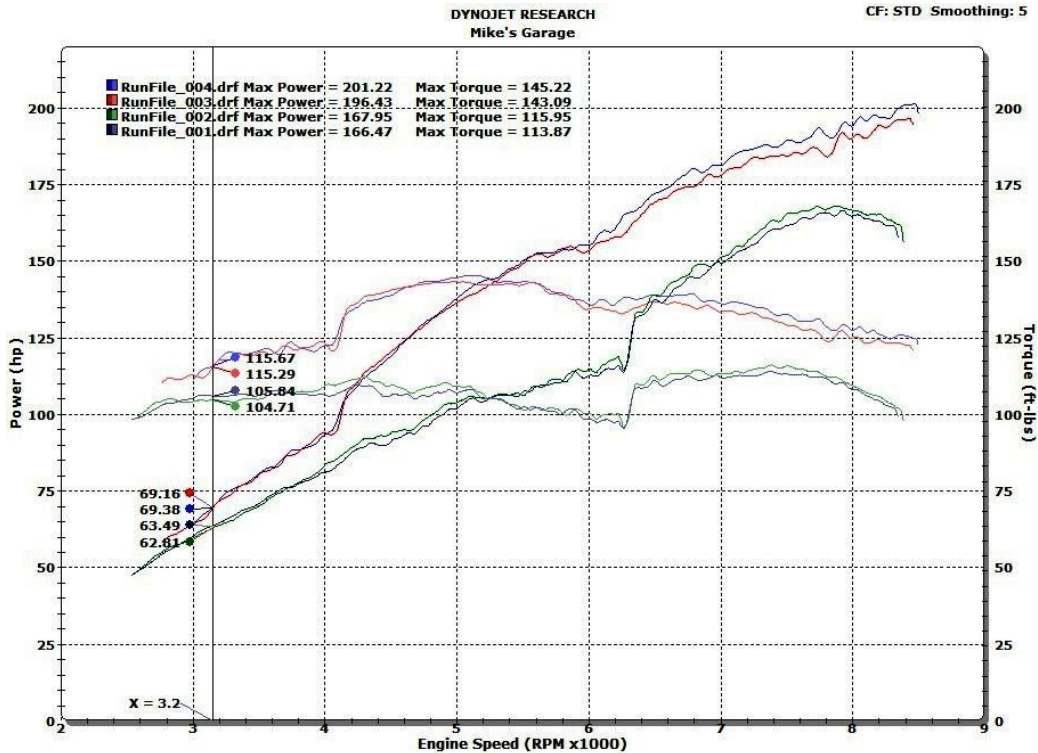


Fig. 1.5 Variația puterii și a momentului motor înainte și după echiparea cu turbosuflantă

De asemenea, elementele legate de aerodinamică sau legate de rezistența la înaintare, cum ar fi rularea cu portbagaj montat pe plafonul autovehiculului, transportul de elemente voluminoase, rularea cu geamurile deschise sau rularea remorcă, toate acestea conduc la creșterea consumului de combustibil. Condițiile meteo nefavorabile au de asemenea consecințe asupra consumului de combustibil.

Unitățile electronice de comandă și control, care gestionează injecția de combustibil, vor adapta implicit cantitatea de combustibil injectată în funcție de situațiile la care este solicitat motorul. Un exemplu este reducerea vitezei de croazieră: când se reduce viteza, maneta schimbătorului de viteze nu trebuie adusă la punctul mort, deoarece motorul va consuma pentru a-l menține la ralanti. Însă, dacă se reduce viteza doar prin ridicarea piciorului de pe pedala de accelerație, deci clapeta obturator va fi închisă total, consumul de combustibil va fi zero, acest lucru datorându-se gestiunii electronice a injecției de combustibil din ECU. Cu atât mai mult, ECU programabile sunt capabile să gestioneze injecția de combustibil, ținând cont de cerințele conducătorului auto privind creșterea performanțelor autovehiculului.

Un element foarte important și utilizat în special în zilele noastre este agregatul de climă. Studiile de specialitate [59] ne prezintă avantajele precum și dezavantajele rulării autovehiculului cu sau fără agregatul de climă cuplat, cu implicații asupra consumului de combustibil, dar și asupra naturii gazelor evacuate. Figurile 1.6, 1.7 prezintă variația opacității iar figurile 1.8 și 1.9 prezintă variația coeficientului de absorbție  $k$ , din literatura de specialitate, pentru diferite situații: agregat de climă (consumator) cuplat/decuplat și testare cu sarcină și fără sarcină.



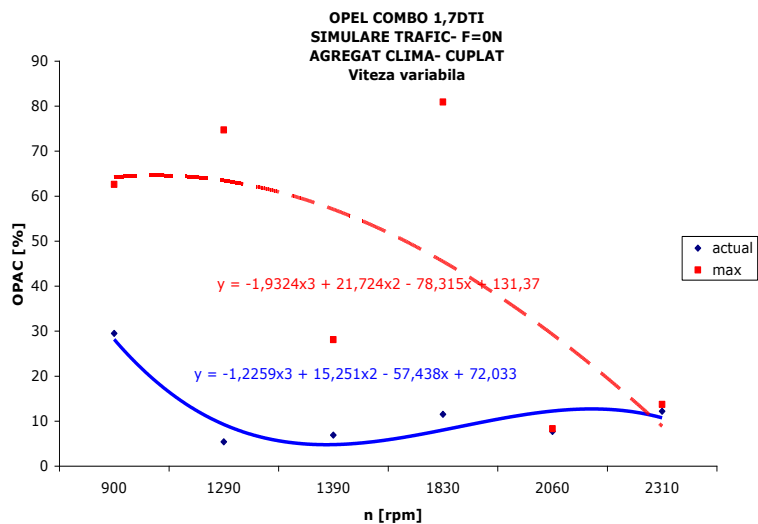


Fig. 1.6. Variația opacității funcție de turație, cu agregat de climă cuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, încărcat cu sarcină variabilă [59]

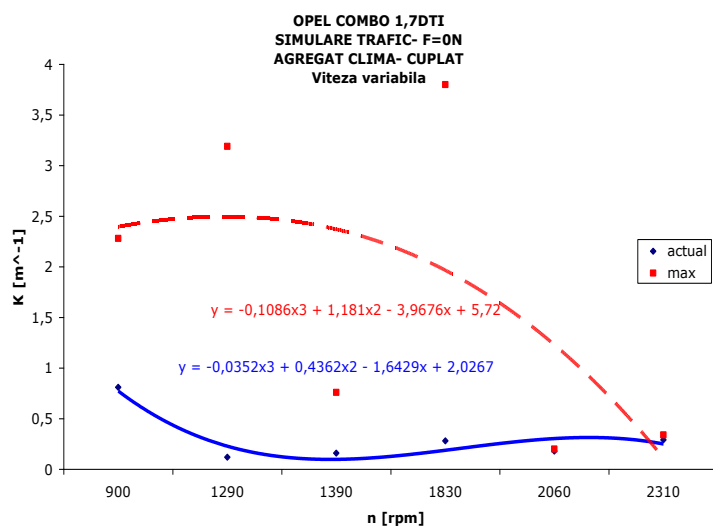


Fig. 1.7. Variația coeficientului de absorbție k, funcție de turație, cu agregat de climă cuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, încărcat cu sarcină variabilă [59]

Aceste două figuri (figura 1.6 și figura 1.7) prezintă evoluțiile coeficientului de absorbție, k, precum și a opacității pentru un motor diesel, echipat cu motor 1.7 DTI. Se poate observa cum odată cu creșterea turațiilor motorului, la sarcină variabilă și agregatul de climă cuplat, cele două curbe prezintă valori în trend descrescător.

Variația opacității și a coeficientului de absorbție k, pentru situația cu agregatul de climă decuplat, precum și la sarcină zero, curbele de asemenea prezintă un trend descrescător, însă valorile punctelor sunt mai mici comparativ cu cazul precedent.

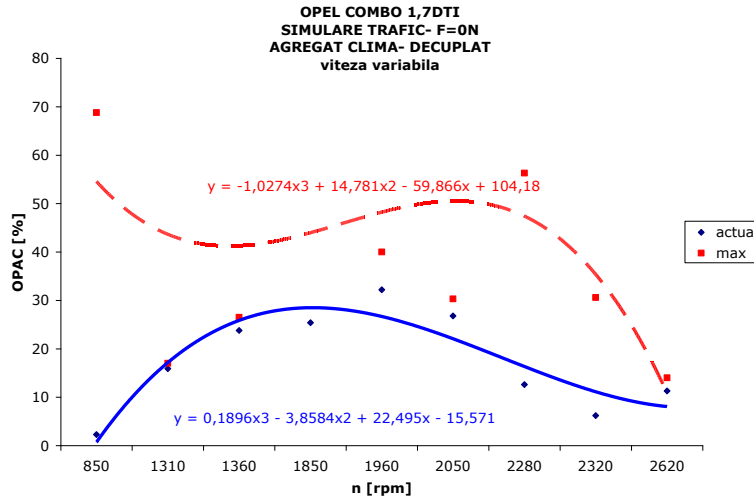


Fig. 1.8. Variația opacității funcție de turație, cu agregat de climă decuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, la sarcină zero [59]

Aceste două situații, care au fost demonstrate experimental, evidențiază diferențele existente între utilizarea autovehiculului cu sau fără agregatul de climă cuplat, pe planul emisiilor de noxe, dovedindu-se faptul că emisiile de noxe cresc odată cu pornirea echipamentelor auxiliare, cum este și cazul agregatului de climă.

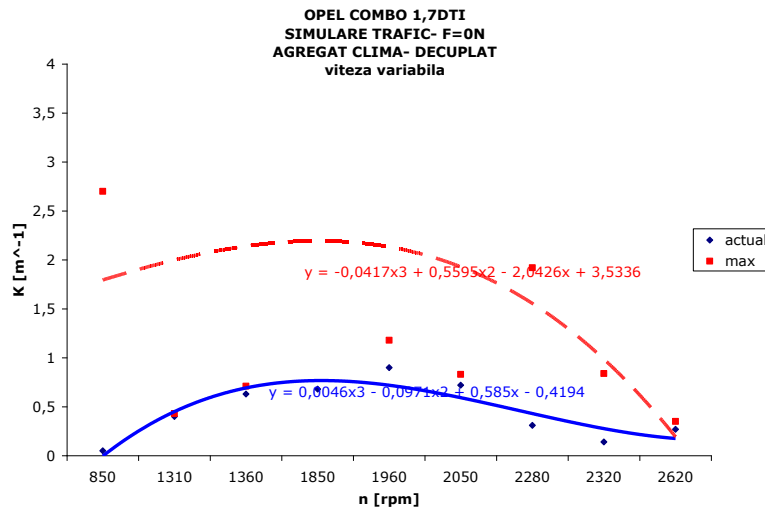


Fig. 1.9. Variația coeficientului de absorbție k funcție de turație, cu agregat de climă decuplat, pentru autovehiculul Opel Combo 1.7 DTI, la sarcină zero [59]

Consumul de combustibil, pentru Europa (figura 1.10) se poate urmări grafic variația acestuia în timp în funcție de viteza de rulare, rezultând consumul urban, extra urban, media acestora fiind consumul mixt [54].

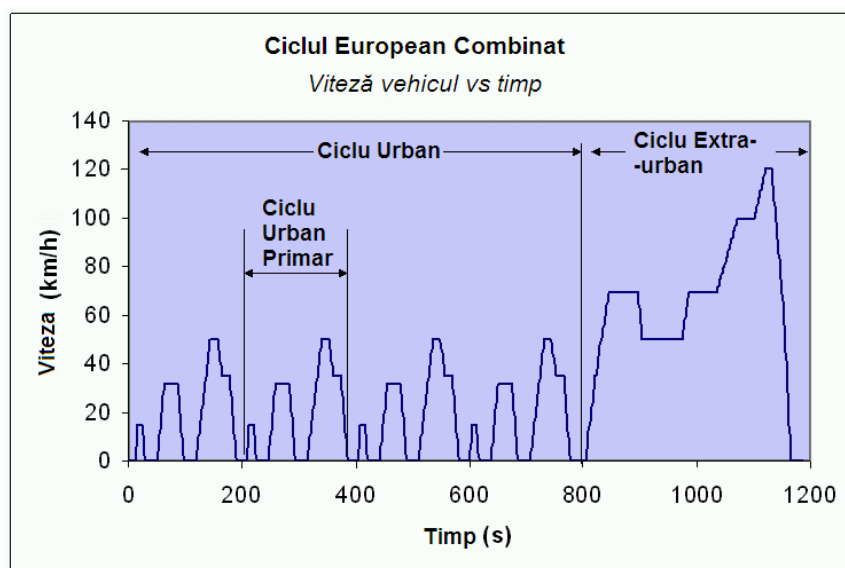


Fig. 1.10. Consumul de combustibil determinat după regula europeană privind ciclul urban și extra-urban [110]

Pentru cazul autovehiculelor modificate, atât prin motor-tuning cât și prin ECU tuning, consumul de combustibil și natura gazelor de evacuare vor atinge valori mai ridicate comparativ cu autovehiculele nemodificate. Afirmatia se bazează pe faptul că motorul fiind solicitat pe plan energetic, și anume este solicitat pentru a oferi putere și moment motor crescut, acest lucru este realizabil, însă consumul de combustibil va crește precum și gazele evacuate vor fi altele, atât cantitativ cât și calitativ.

### 1.6. Concluzii

Regimurile motoarelor termice prezintă schimbări odată cu comenzile primite de la conducătorul auto. Strânsa legătură dintre elementele mecanice ale autovehiculelor, precum și cele electronice, fac posibil controlul comportamentului acestui pe durata schimbării regimurilor. Evoluția tehnologiei, atât pe plan mecanic cât și electronic, a permis atingerea unor regimuri de funcționare ale motoarelor pe plaje de turații foarte ridicate. Autovehiculele destinate competițiilor sportive au fost și sunt un bun exemplu în acest caz.

Dinamica schimbării comenzilor prezintă de asemenea avantaje și dezavantaje. Este necesar a fi știut faptul că demarările bruște precum și condusul sportiv va conduce la un consum ridicat de combustibil, de asemenea și angrenarea echipamentelor auxiliare va avea aceleași consecințe. Și pe planul naturii gazelor evacuate, angrenarea echipamentelor, precum cel de climă, va conduce la o creșterea, în unități, a gazelor evacuate.

ECU programabile permit modificarea unor parametri în timp real, cu efecte clare privind creșterea performanțelor, însă natura gazelor evacuate precum și consumul de combustibil prezintă valori peste cele optime.

Programarea unităților electronice de comanda însă au marele avantaj de a permite un control optim al comportamentului motorului privind curbele de putere și moment, acesta fiind scopul ECU programabile.

## **2. STADIUL ACTUAL AL CERCETĂRIILOR PRIVIND REGLAJELE MOTOARELOR ACTUALE, REGIMURILE DE FUNCȚIONARE ȘI CREȘTEREA PERFORMANȚELOR ACESTORA**

### **2.1. Scurt istoric**

Odată cu apariția omului a apărut și necesitatea transportului. Forța musculară proprie a omului a fost prima utilizată în acest scop, apoi animalele de povară, iar în cele din urmă, odată cu descoperirea roții, a luat naștere „industria” transporturilor.

Primul care a încercat și a reușit să pună în mișcare un vehicul cu autopropulsie a fost Leonardo da Vinci, care a folosit pentru autopropulsie lucrul mecanic înmagazinat de arcuri. Însă nici el și nimeni după el nu a mai apelat la această soluție pentru a deveni aplicabilă pe scară largă pentru vehicule cu autopropulsie. Autovehiculele au început să apară pe „drumurile publice”, la câțiva ani după apariția triciclului lui Joseph Cugnot, inginer în armata franceză, care a utilizat forța de presiune a aburului, în anul 1796, reușind să pună în mișcare vehiculul pe care el însuși l-a proiectat cu scopul de a transporta părțile componente foarte grele ale artileriei franceze. Dar odată cu apariția primului vehicul autopropulsat au apărut și problemele și anume primul accident: la demonstrația publică pe care Joseph Cugnot, împreună cu echipa sa, au prezentat vehiculul, sistemul de direcție a cedat, astfel vehiculul izbindu-se de un zid. De menționat este faptul că pentru a pune în mișcare vehiculul, era nevoie de doi oameni, viteza maximă atinsă era de 9,5 km/h, cazanul avea greutatea de 1 tonă, pe lângă multe alte elemente care îngreunau deplasarea cu acest vehicul. Trecând peste toate aceste lucruri, Joseph Cugnot este considerat primul om care a proiectat și a realizat primul autovehicul cu autopropulsie din istoria omenirii. Trecând mai departe, în anul 1875, la Viena apare primul motor în patru timpi, cu un carburator primar, realizat de către Marcus Siegfried, iar după un an, în 1876, Otto Nikolaus August brevetează primul motor în 4 timpi cu supape laterale iar Maybach l-a perfecționat și a început chiar construcția unor astfel de motoare. Rudolf Diesel, în anul 1892 cere patentare pentru „Metodă de funcționare și proiect pentru un motor cu combustie internă”, motorul său având ca principiu de funcționare autoaprinderea amestecului carburant. Problema care o avea însă era cum să introducă combustibilul în camera de ardere, soluția venind prin introducerea injectorului pentru combustibil. În anul 1899 apare primul autovehicul electric, și primul care depășește viteze de 100 km/h prin belgianul Camille Jenatzy, supranumit *Le Diable Rouge*, iar la trei ani mai târziu apare și în S.U.A. automobilul electric realizat de Baker Electric.

Evoluția autovehiculelor electrice a fost oscilatorie, și anume au luat naștere după apariția autovehiculelor cu ardere internă, iar în prezent s-a revenit la acestea, luându-se în considerare marele avantaj pe care îl au, și anume, produc emisii zero, chiar dacă industria care se ocupă cu realizarea acumulatorilor continuă să polueze atmosfera. Însă prețurile de achiziție ridicate precum și capacitatea de reîncărcare și autonomia acumulatorilor, fac ca achiziția acestora de către marea populație să fie foarte mică. Prin urmare, chiar dacă nu sunt privite cu ochi buni de către ecologiști, motoare cu ardere internă modificate cu ajutorul tuningului rămân în

continuare preferatele celor împătimiți de viteză, adrenalină, fum de anvelope și mulți cai putere.

Astăzi, grație tuturor tehnologiilor care au evoluat atât de mult într-un atât de puțin timp, putem afirma că nu este greu de a realiza un tuning, însă cel mai important de reținut este că trebuie știut foarte bine cum se face acest lucru.

## 2.2. Controlul și reglajele efectuate asupra motoarelor cu aprindere prin scânteie

### 2.2.1. Reglajele clasice

Printre primele reglaje efectuate asupra motoarelor cu aprindere, sunt cele care iau în considerare parametrii de intrare, cum ar fi sarcina,  $s$ , turația,  $n$ , avansul la aprindere,  $a$ , cantitatea de carburant (dozajul),  $d$ , gazele de evacuare (factorii poluanți),  $p$ , vibrațiile (provenite de la eventualele detonații),  $v$ , factorii interni sau externi, precum și corecțiile aferente. O schemă bloc (figura 2.1), care se dorește să cuprind aproape toți acești factori, va realiza modelul de realizare al reglajelor pentru m.a.s.

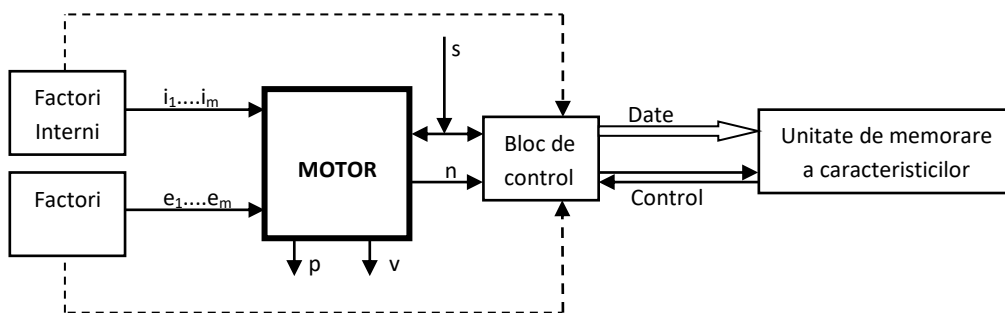


Fig. 2.1. Schemă bloc privind reglajele clasice la m.a.s.

Doi dintre parametrii cei mai importanți sunt avansul la aprindere,  $a$ , și amestecul carburant (dozajul),  $d$ . Ambii sunt condiționați de sarcina  $s$  și de turația  $n$ . Ceea ce trebuie să îndeplinească acești doi parametri, printre altele, sunt:

- Avansul la aprindere:
  - Evitarea apariției fenomenului de detonație;
  - Ardere cât mai completă, implicit reducerea poluării;
  - Performanțe crescute ale motorului;
- Amestecul carburant:
  - Funcționare la performanțe maxime cu consum minim de combustibil, implicit reducerea consumului de combustibil;
  - Reducerea emisiilor poluante, implicit a gazelor cu efect de seră;

Matematic, aceste dependențe pot fi transpuse sub formă de matrice cu  $n$  linii și  $s$  coloane:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1s_1} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2s_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n_1 1} & a_{n_1 2} & \dots & a_{n_1 s_1} \end{pmatrix} \quad D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1s_2} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2s_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n_2 1} & d_{n_2 2} & \dots & d_{n_2 s_2} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Corecțiile  $C$  utilizate pentru a putea fi implementate la nivelul unității electronice de comandă și control al acestor parametri (avansul  $a$  și dozajul  $d$ ), pentru un regim staționar, sunt prezentate și calculate tot sub formă de matrice:

$$C_a = \begin{pmatrix} ca_{11} & ca_{12} & \dots & ca_{1s_1} \\ ca_{21} & ca_{22} & \dots & ca_{2s_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ ca_{n_1 1} & ca_{n_1 2} & \dots & ca_{n_1 s_1} \end{pmatrix} \quad C_d = \begin{pmatrix} cd_{11} & cd_{12} & \dots & cd_{1s_2} \\ cd_{21} & cd_{22} & \dots & cd_{2s_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ cd_{n_2 1} & cd_{n_2 2} & \dots & cd_{n_2 s_2} \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Pentru ca comportamentul motorului să fie în parametri funcționali iar performanțele oferite să atingă cerințele impuse, aceste reglaje trebuie verificate periodic. Pentru acest motiv, și anume inexistența unor bucle închise, care să poată oferi un răspuns rapid și eficient unității electronice despre evoluția acestor parametri, și anume avansul la aprindere și cantitatea amestecului carburant, acest sistem a fost înlocuit cu unul mai eficient (paragraful 2.2.2).

### 2.2.2. Reglajele efectuate în buclă închisă

Sistemele de control funcționând în buclă închisă oferă avantajul major al *feedback-ului*, și anume al răspunsului imediat, cu ajutorul senzorilor, către ECU cu privire la comportamentul diferiților parametri funcționali. Ca exemplu principal îl constituie controlul și răspuns oferit de sonda de oxigen, lambda, cu privire la amestecul carburant, și anume calcularea cantității de aer și a cantității de carburant, privind asupra următoarelor elemente: economie de combustibil și reducerea poluării. O astfel de schemă bloc (figura 2.2), lucrând după principiul buclei închise, este cea din figura de mai jos.

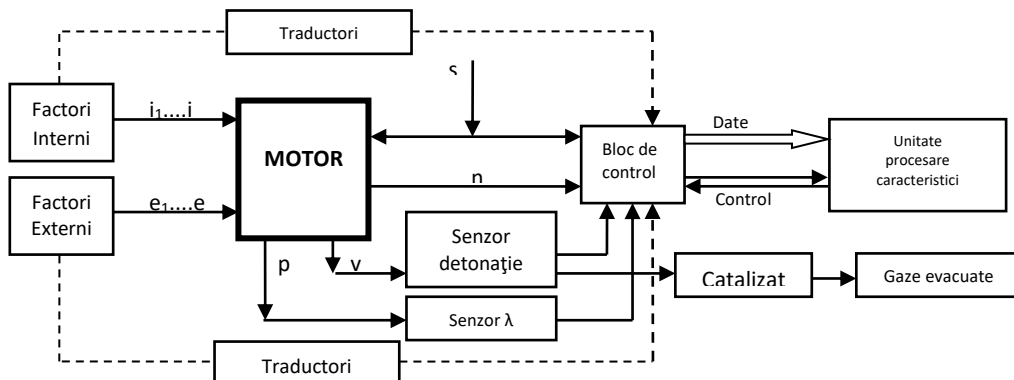


Fig. 2.2. Schemă bloc privind reglajele în buclă închisă la m.a.s.

Noutatea pe care o aduce această schemă bloc, comparativ cu precedentă, se remarcă la nivelul senzorilor, a traductorilor, precum și a convertorului catalitic, cu rol major în etapa de reducere a noxelor. Semnalele de la acești senzori vor determina corecții ale valorilor lor, care să ofere funcționarea motorului în parametrii optimi, și anume fără detonații și cu amestecul carburant la valorile stoechiometrice.

Discuțiile cu privire la această schema au fost asupra regimurilor tranzitorii pe care le va atinge motorul. Avansul la aprindere precum și amestecul carburant vor da dependențe complexe, transpuse matematic în ecuații diferențiale, de forma ecuațiilor (2.3) și (2.4).

$$F_a(s, \dot{s}, \ddot{s}, \dots, n, \dot{n}, \ddot{n}, \dots, i_1, \dot{i}_1, \ddot{i}_1, \dots, i_2, \dot{i}_2, \ddot{i}_2, \dots, i_m, \dot{i}_m, \ddot{i}_m, \dots, e_1, \dot{e}_1, \ddot{e}_1, \dots, e_2, \dot{e}_2, \ddot{e}_2, \dots, e_n, \dot{e}_n, \ddot{e}_n, \dots, t) = 0 \quad (2.3)$$

$$F_d(s, \dot{s}, \ddot{s}, \dots, n, \dot{n}, \ddot{n}, \dots, i_1, \dot{i}_1, \ddot{i}_1, \dots, i_2, \dot{i}_2, \ddot{i}_2, \dots, i_m, \dot{i}_m, \ddot{i}_m, \dots, e_1, \dot{e}_1, \ddot{e}_1, \dots, e_2, \dot{e}_2, \ddot{e}_2, \dots, e_n, \dot{e}_n, \ddot{e}_n, \dots, t) = 0 \quad (2.4)$$

Complexitatea acestora, precum și soluțiile de rezolvare a ecuațiilor, au condus la simplificări privind reglajele realizate cu ajutorul schemelor bloc funcționând în buclă închisă, și anume: reducerea ordinului de dependență, înlăturarea unor variabile, simplificări care vor permite evaluarea și rezolvarea erorilor dinamice, apărute pe durata corecțiilor.

Problema controlului gazelor de evacuare, în regim staționar, se realizează relativ ușor cu ajutorul acestui sistem în buclă închisă. Utilizând convertorul catalitic reducerea nivelului poluării, pentru regimurile tranzitorii, se poate face numai prin îmbunătățirea răspunsului dinamic la senzorului de oxigen, deoarece autovehiculele rulează în regim dinamic în aglomerările urbane, aici punându-se problema poluării. Pentru această nouă situație intervine controlul sistemelor în timp real. ECU trebuie, în aceste condiții, să îndeplinească următoarele condiții: controlul și menținerea întregului sistem între anumite limite, precum și soluții de control pentru situațiile critice.

### 2.2.3. Reglajele avansate de control ale m.a.s.

Funcționarea autovehiculului depinde din ce în ce mai mult de ECU, de o parte, și de factorul uman, conducătorul auto, de cealaltă parte. De asemenea, funcționarea optimă a motorului depinde de factori previzibili, cum ar fi cantitatea de aer, cantitatea de combustibil, etc. precum și de factori imprevizibili, cum ar fi condițiile meteo, traficul, erorile, etc. Pentru acest ultim caz – erorile – au fost dezvoltate soluțiile de reglaje efectuate asupra motoarelor în timp real.

Adaptarea funcționării autovehiculului pentru diferitele regimuri la care este supus pe durata rulării în afara standului experimental, depinde de capacitatea senzorilor și a ECU de a gestiona fiecare situație, care poate fi diferită de la o secundă la alta. Desigur că ideal ar fi ca factorul uman, conducătorul auto, să fie cel care să preia în fiecare secundă controlul autovehiculului, însă studiile de specialitate au demonstrat că acest lucru nu este posibil.

Astfel, eu ECU capabil să gestioneze în timp real comportamentul întregului autovehicul, trebuie să țină cont de două lucruri majore:

1. informațiile achiziționate pe standul de încercări, situație care însă nu poate include toate variantele posibile din trafic, la care va fi suspus autovehiculul;
2. posibilitatea auto-organizării și rezolvarea situațiilor critice în timpul cel mai scurt posibil.

Noile unități electronice de comandă și control prezintă aceste capacități de adaptare pentru situațiile critice ele având capacitatea de a modifica parametrii interni astfel încât să achiziționeze noi informații cu privire la noile situații.

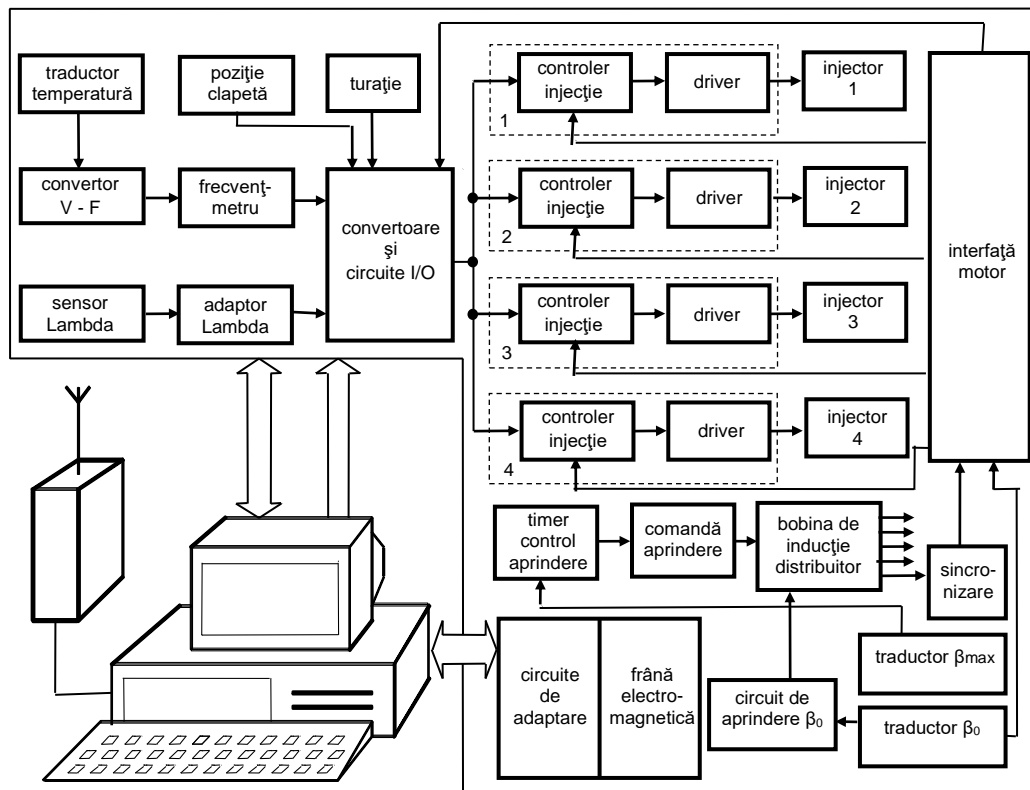


Fig. 2.3. Schemă bloc privind controlul m.a.i. în funcție de parametri variabili de intrare [85]

O schemă bloc înglobând parametri de intrare precum și controlul pe fiecare cilindru în parte, poate fi urmărită în figura 2.3.

Principalii parametri monitorizați sunt:

- Turația
- Poziția clapetei de accelerație;
- Senzorii de temperatură (apa, ulei, aer);
- Amestecul carburant (prin cantitatea de aer și cantitatea de combustibil);
- Avansul la aprindere (prin senzorul de poziție).

Controlul în timp real al acestor parametri a fost aplicat și pentru teza de față. Utilizarea ECU programabil a permis controlul senzorilor în timp real privind evoluția performanțelor autovehiculelor.



### 2.3. Aprinderea și controlul electronic al aprinderii

Un alt reglaj efectuat, privind control autovehiculului, este cel legat de declanșarea aprinderii. Vechile sisteme, care implicau elemente mecanice, au fost înlocuite datorită uzurilor care au apărut, implicit a mentenanței repetate. Noile sisteme sunt cele cu senzori, deci fără contact și fără uzură, care vor controla tranzistorii comutatori din circuitul de aprindere.

#### 2.3.1. Metoda clasică de declanșare a aprinderii

Principiul de funcționare clasic al aprinderii implică mai multe elemente, printre care magnetul permanent, înfășurarea de inducție, rotorul, întrefierul. Figura 2.4 prezintă schematic această metodă.

Principiul de funcționare al metodei se prezintă după cum urmează: rotorul, care prezintă o anumită formă geometrică, se montează pe axul distribuitorului, având o mișcare în jurul propriei axe. Materialele din care sunt construite înfășurarea de inducție și rotorul este oțel magnetic moale, fiind prevăzute cu dinți. Odată cu mișcarea rotorului, întrefierul dintre dinții rotorului și ai statorului, va prezenta modificări periodice. În înfășurarea de inducție va apărea o tensiune electromotoare de inducție datorită variației fluxului magnetic. Tensiunea alternativă utilizată în controlul aprinderii este generată de pulsurile furnizate de generatorul de mai sus, unde fiind de forma prezentată în figura 2.5 :

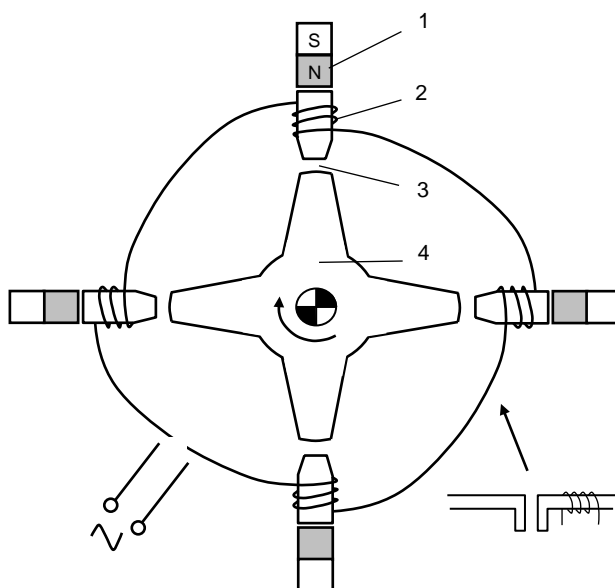


Fig. 2.4. Declanșarea aprinderii (de tip inductiv) – metoda clasică [85]

Unde,

- 1- Magnetul permanent
- 2- Înfășurarea de inducție
- 3- Întrefierul
- 4- Rotorul

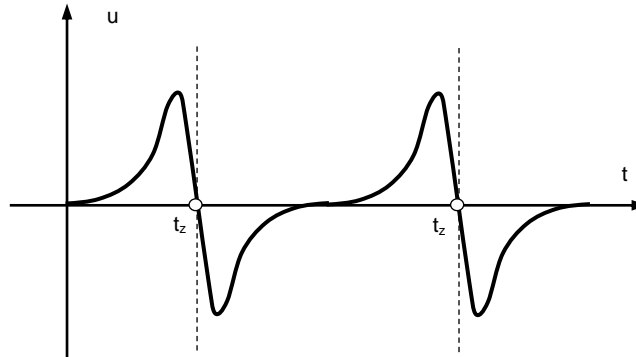


Fig. 2.5. Formă de undă a tensiunii electromotoare prin metoda clasică [85]

### 2.3.2. Generarea impulsurilor cu senzor inductiv montat pe arborele cotit

Reprezintă soluția premergătoare celei prezente astăzi pe autovehiculele. Implică montarea unui senzor inductiv conform cu figura 2.6, montat pe arborele cotit, forma undei fiind prezentată în figura 2.7.

Principiul de funcționare se bazează pe generarea de impulsuri, furnizate de către senzorul inductiv care este montat pe arborele cotit. Această metodă oferă trei posibilități de generare a impulsurilor, și anume:

- Utilizând doi senzori, unul de turație și altul de referință. Aceștia sesizează dinții volantului, respectiv un plot, montat de asemenea pe volant, între acestea nefiind contacte de marcare;
- Utilizând un senzor inductiv acționat de un disc profilat cu dinți, utilizat atât pentru determinarea turației, cât și pentru determinarea poziției în grade a arborelui cotit;
- Utilizând un senzor inductiv acționat de un element diferit de cel anterior, și anume de un segment, montat de asemenea pe volant. Și în acest caz, senzorul inductiv va furniza semnale atât pentru determinarea turației, cât și pentru determinarea poziției arborelui cotit.

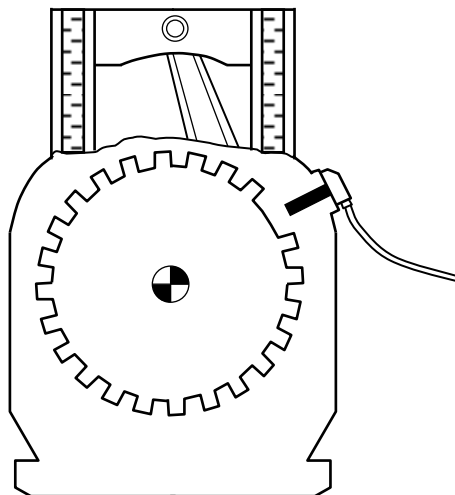


Fig. 2.6. Declanșarea aprinderii cu senzor inductiv [85]

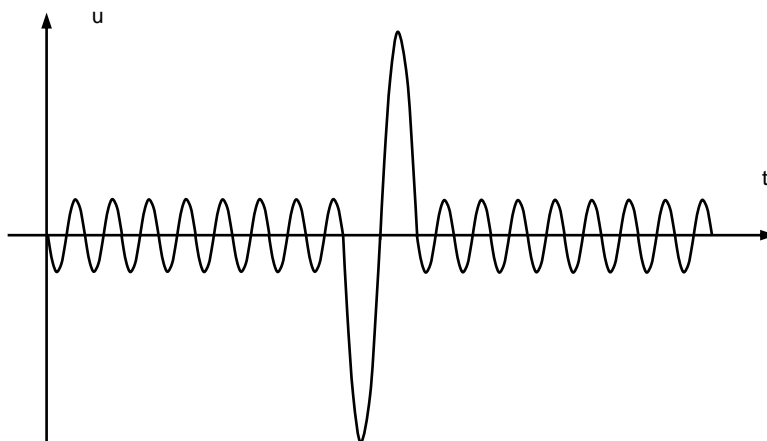


Fig. 2.7. Formă de undă a tensiunii electromotoare prin generarea impulsurilor cu senzor inductiv [85]

Această soluție prezintă o precizie mult mai mare comparativ cu metoda clasică, oferind informații mai precise cu privire la turația motorului, precum și la poziția arborelui cotit. Odată determinați acești doi parametri principali ai funcționării motorului, posibilitățile de comanda și control vor putea fi realizate.

### 2.3.3. Senzorul Hall. Principiul de funcționare

Soluția pentru determinarea turației și a poziției arborelui cotit utilizând senzorul Hall, a fost și este larg răspândită. Însă în prezent, senzorul Hall este utilizat pentru determinarea poziției pistonului, și anume determinarea momentului când pistonul se afla la PMS (punctul mort superior), pentru a se afla cu exactitate momentul injectiei de combustibil.

Unitățile electronice de astăzi fiind conectate la o serie de senzori ce echipează autovehiculele, permit determinarea cu precizie foarte mare a momentului aprinderii, a momentului injectiei de combustibil, a duratei injectiei, și a parametrilor de stare implicați în evoluția performanțelor autovehiculului, precum și în comportamentul acestuia pe durata regimurilor de funcționare, de la ralanti la turații de la 0 la 6000 rot/min.

Schematic este prezentată în figura 2.8, principiul de funcționare al senzorului Hall.

Elementele componente sunt: (1) rotorul, (2) ecranele de pe rotor, (3) piese (două bucăți) realizate din material magnetic moale, (4) senzorul Hall, (5) – întrefierul. La trecerea unui curent  $I_v$  printr-un conductor care este străbătut de un câmp magnetic, electronii vor fi deviați în două direcții și anume perpendicular pe direcția curentului și pe direcția câmpului magnetic.

Astfel i-a naștere o tensiune,  $U_H$ , și anume tensiunea Hall, care face ca pe suprafața  $A_1$  să fie mai mulți electroni decât pe suprafața  $A_2$  (figura 2.9). Generarea acestei tensiuni poartă denumirea de efectul Hall. Forma standard a undei generate se poate observa în figura 2.10.

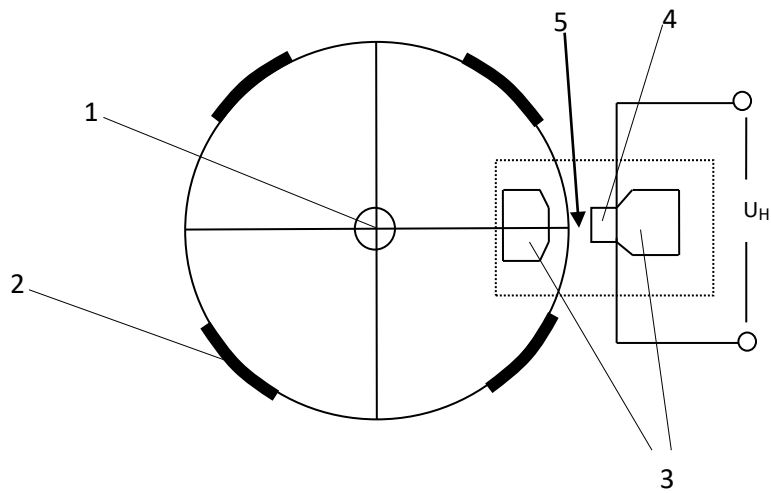


Fig. 2.8. Principiul de funcționare al senzorului Hall

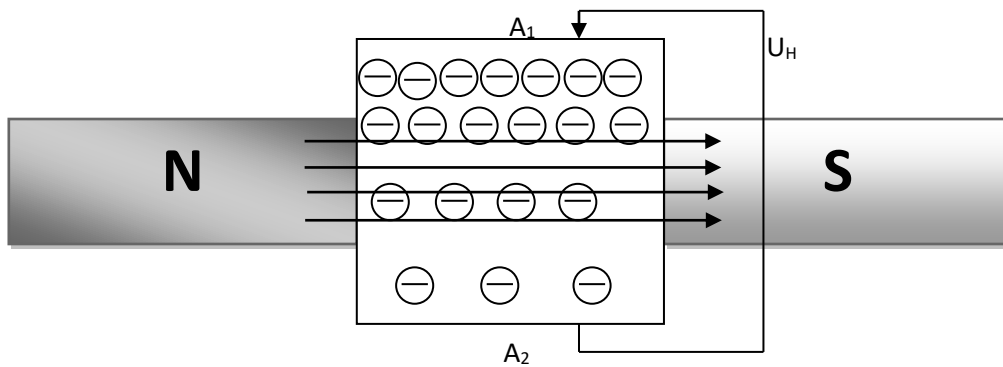


Fig. 2.9. Schema de generare a efectului Hall

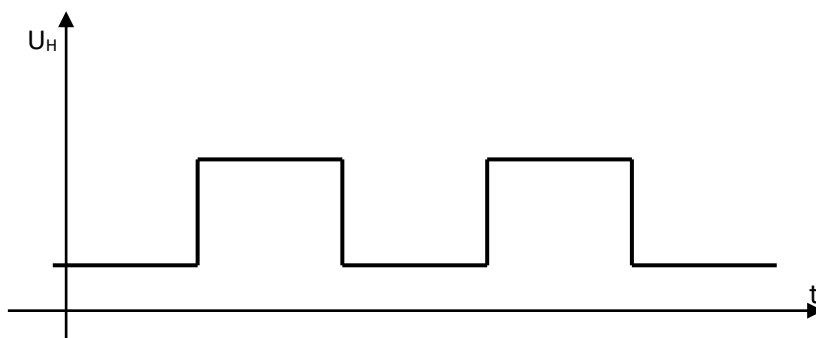


Fig. 2.10 Formă de undă a efectului Hall [85]

### 2.3.4. Controlul avansului la aprindere

Pentru ca aprinderea să fie eficientă este necesar a fi realizat reglajul avansului la aprindere. Odată ce amestecul carburant este ajuns în camera de

ardere – la benzinare – este necesar a fi cunoscut momentul scânteii, moment care implică și avansul la aprindere. Autovehiculele de astăzi utilizează echipamente electronice pentru controlul avansului la aprindere. Mai mult, se poate îmbunătăți arderea cu implicații directe asupra naturii gazelor de evacuare și a performanțelor motoarelor, în sensul că arderea poate fi mai completă, astfel că și gazele de evacuare vor fi mai "curate".

Schematic se vor prezenta în figura 2.11 semnalele de intrare, cele de ieșire precum și microcontrolerul care realizează controlul aprinderii.

Sunt monitorizate semnalele de intrare, și anume temperatură, presiune, tensiune, turație de referință, la mers în gol și la sarcină, cu ajutorul unui controler. Astfel acest controler – care la autovehiculele de ultimă generație au primit titulatura de *ECU* (vehiculele sunt echipate în prezent cu mai multe unități ECU), fiind capabile să gestioneze "rațional" semnalele de intrare în funcție de cerințele conducătorului auto, și anume în funcție de ce regim de funcționare adoptă – preiau semnalele de intrare și cu ajutorul distribuitorului de aprindere și a fișelor, astfel că tensiunea înaltă este condusă spre bujie, care declanșează aprinderea (explozia) din camera de ardere.

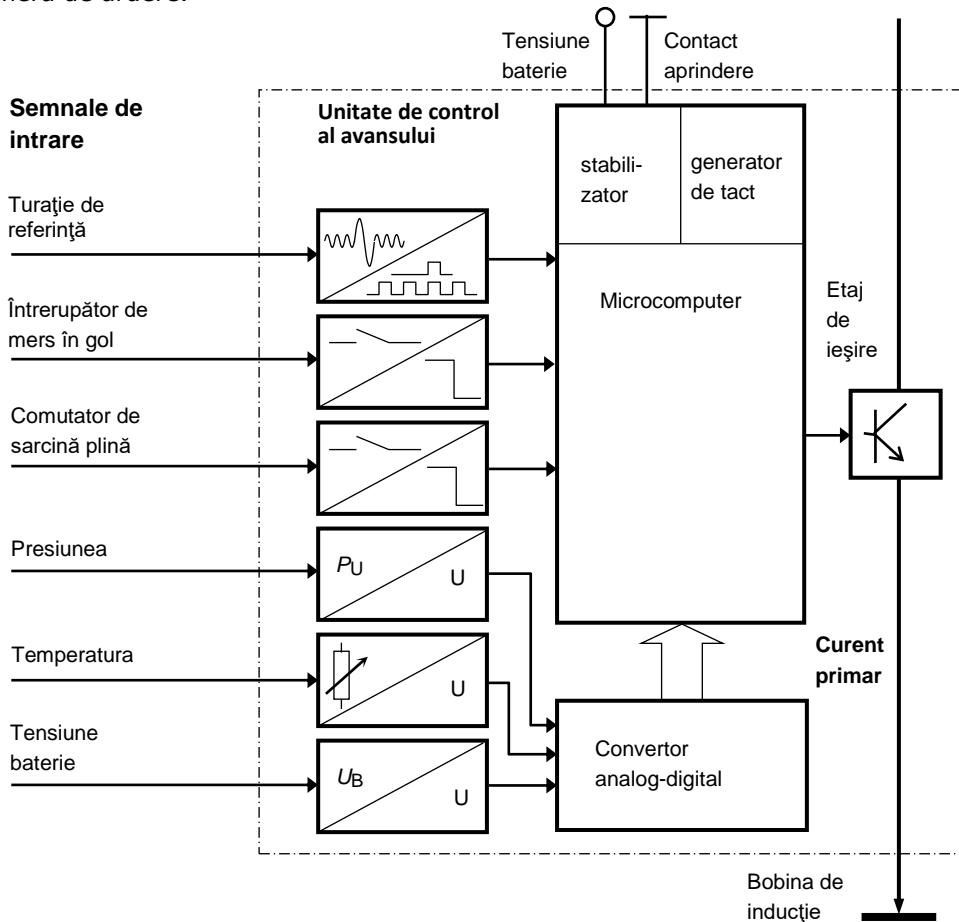


Fig. 2.11 Schemă unitate de control al avansului cu microcontroler [85]

Drumul parcurs de către curent, de la acumulator și până în camera de ardere este descris prin figura 2.12:

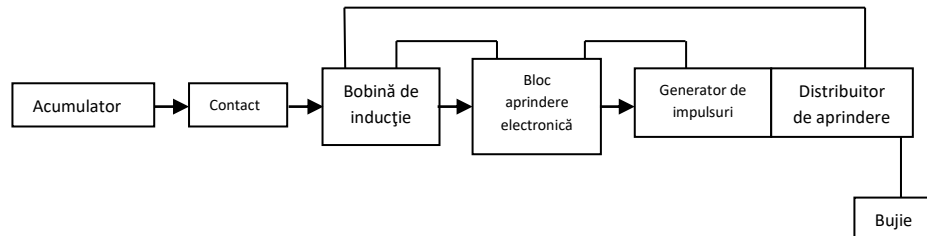


Fig. 2.12. Schemă bloc a sistemului de aprindere

#### 2.4. Stadiul actual al sistemelor electronice de reglare și control

În industria automotive de astăzi, echipamentele de acționare, măsură sau control, implică două părți, și anume partea hardware și partea software. Marile corporații internaționale, care se ocupa cu studiul acestora, au condus dezvoltarea sistemelor cu inteligența artificială pe culmi înalte, simularea proceselor de ardere la motoarele termice nemaifiind o noutate. Încercările în timp real în laboratoare consacrate acestui scop au devenit în ultima vreme ținta ingineriilor din mai multe domenii: mecanica, automatizări, software, robotică, matematică, etc., reușind mai mult decât să impresioneze lumea întreagă, să aducă rezultate privind siguranța, sănătatea, dezvoltarea – ca domeniu – mediul, medicina, etc.

**2.4.1. Soluția dSpace** - oferă soluții de dezvoltare de software în industria auto, aerospațială [31] și în domeniul industrial.

Compania dSpace oferă un mediu de dezvoltare complet și integrat pentru software-ul de control încorporat. Sistemul dSpace suporta dezvoltarea proceselor, în special dezvoltarea unității electronice de control (ECU) și, de asemenea, oferă modalități de adaptare la noile nevoi provocatoare ale zilelor noastre. Cu inovații constante, tehnologii cheie și standardele înalte, precum și servicii dedicate și suport, dSpace ajută în atingerea succesului pe termen lung. Plaja pe care o acoperă compania dSpace cuprinde mai multe arii, după cum urmează:

- Arhitectura sistemului;
- Prototipare rapidă de control;
- Unități electronice de control;
- Testare hardware în buclă închisă (Hardware in The Loop – HIL);
- Inginerie.

În ceea ce privește unitățile electronice de control, dSpace oferă emularea în simulator a funcțiilor ECU. Simularea HIL este o metodă folosită pentru testarea funcțiilor unui ECU, modul de integrare al sistemului și comunicarea pe care acesta o realizează între el și elementele executante. Astăzi unitățile electronice de control sunt indispensabile atât la autovehicule cât și la roboții industrial sau în industria aerospațială. Lanțul structural pe care îl presupune un ECU, pornind de la unitatea fizică ECU, și ajungând până la elementele finale care execută comenzile primite de la ECU, menționând și conductorii necesari în vederea realizării acestui scop, toate aceste părți implicate vor fi testate și emulate prin simularea HIL. Testele HIL sunt foarte sistematice și de asemenea oferă siguranța, chiar și atunci când, pe durata rulării testelor, apar probleme (capacitate diagnostic și autodiagnostic online). Ținta acestor simulări cu ajutorul modalității HIL este detectarea erorilor care apar, sau pot apărea, în ECU.

Ca și exemplu privind marea utilitate a testelor HIL, o companie mondială constructoare de autovehicule, a menționat ca prin testele Hardware in the Loop au găsit 90% din erorile care au apărut la un ECU de testare, și aproape toate erorile găsite au putut fi eliminate înaintea realizării calibrării unității electronice de control, avantajele, în acest caz al testelor HIL, fiind majore, compania constructoare având numai de câștigat pe piața și în imaginea clienților [63].

În cele ce urmează se va exemplifica ce presupune testarea virtuală a unui ECU. Cu ajutorul testării virtuale, dSpace oferă posibilitatea utilizării de modele virtuale de ECU pentru testare și validarea întregului proces de dezvoltare al unui ECU. Prin simulare virtuală se înțeleg toate simulările posibile pe care le poate folosi un ECU, virtual. Părțile software componente ale unui ECU au ajuns astăzi să fie numeroase, de ordinul sutelor, și trebuie să interacționeze intensiv, iar timpul de răspuns trebuie să fie exact și foarte rapid. Efectul globalizării se resimte foarte bine și în acest domeniu, al software-ului, deoarece, în țări diferite aceeași companie produce un singur mare soft, care la final trebuie să ruleze fără erori, în momentul "reasamblării".

Ce este un ECU virtual? Este un software care simulează un ECU real într-o simulare "regizată". Un ECU virtual – sau V-ECU – cuprinde componente ale aplicațiilor și componente ale software-ului de baza, și care oferă funcționalități comparabile cu cele ale unui ECU real. În funcție de aplicațiile la care este supus un V-ECU, pot apărea cazurile:

- V-ECU pentru dezvoltarea unei singure funcții ECU (conține doar unele părți ale aplicațiilor software);
- V-ECU la nivelul mai complex (mai multe funcții);
- V-ECU cuprinzând toate părțile de baza ale software-ului (componentele aplicațiilor software, sistemul de operare, elemente auxiliare hardware-software).

Sarcina pe care o are de realizat un V-ECU este ca, după implementarea componentelor software de baza și a celor suplimentare, să integreze aceste componente într-un V-ECU executabil pentru a fi testat (figura 2.14). Provocarea a fost combinarea sistemelor software de bază și cele suplimentare asupra unei arhitecturi ECU emulabilă, prin configurarea sistemului de operare. Pentru a testa V-ECU au fost emise semnale iar odată cu aceste semnale, testul V-ECU-lui a început. Comportamentul întregului software al ECU poate fi direct simulat offline cât și online cu ajutorul sistemului System Desk iar toate variabilele ECU-lui pot fi parametrizate și măsurate cu exactitate, ca și în situația unui ECU real, cu ajutorul unui computer.

Complexitatea sistemelor de testare pe care cei de la dSpace le-au oferit pieței, soluțiile pe care le-au dezvoltat, au făcut posibilă realizarea de încercări la rece, cu ajutorul programelor de simulare și de testare, reușindu-se astfel eliminarea erorilor și înlăturarea problemelor care au apărut în proiectarea și testarea unitarilor electronice de control.

Conducătorul auto, care se află la volan, atâta timp cât respectă regulile de circulație și normele privind deplasarea pe drumurile publice, poate să utilizeze funcțiile și aplicațiile pe care le oferă autovehiculul sau, aplicații care pot rula, fără erori sau probleme, cu ajutorul unității electronice de control a autovehiculului, deoarece lungile încercări și teste pot asigura siguranță.

Analizând aceste scheme bloc, poate fi observată structura logică a etapelor urmărite în vederea realizării produsului finit, spre exemplu ECU al autovehiculului. Logica evenimentelor este bine aranjată astfel că sunt eliminate o mare parte de produse pilot. Pentru realizările experimentale din cadrul acestei teze, să poate face

o analogie între schema boc din figura 2.15 și cea utilizată pentru partea experimentală.

Schema bloc utilizată pentru experimente poate fi urmărită în figura 2.13:

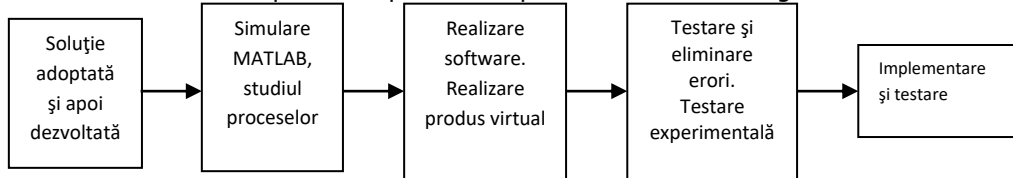


Fig. 2.13. Schemă bloc aplicată cercetărilor experimentală privind ECU programabil

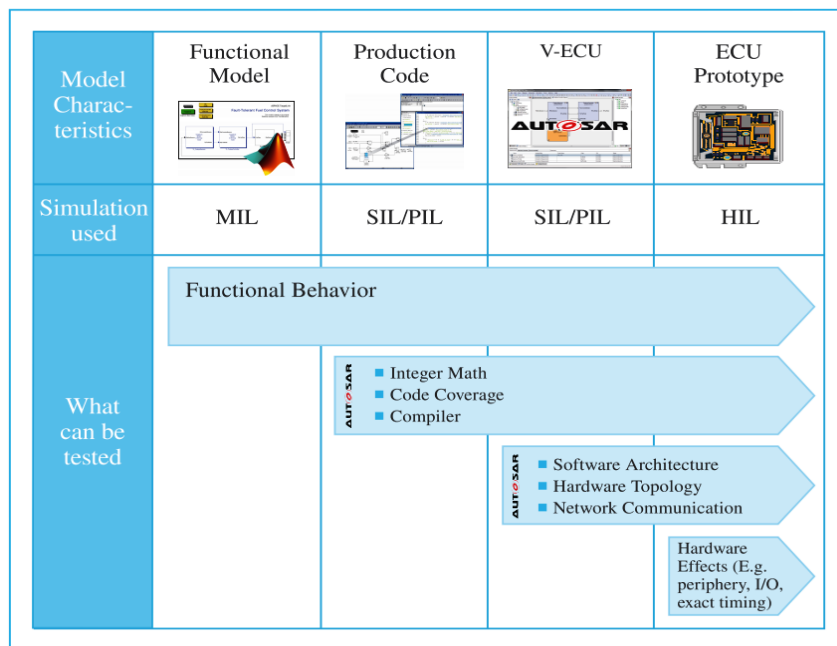


Fig. 2.14 Structura de bază de simulare pentru V-ECU

Prima etapă o reprezintă adoptarea unei soluții care, în urma analizelor, s-a dovedit a fi cea mai eficientă, urmată de dezvoltarea acesteia funcție de cerințele impuse. Socpul urmărit se va implementa întâi la nivelul simulărilor, urmată de realizarea programului și testarea acestuia pe produsul virtual. Eliminarea erorilor se realizează cu scopul ca produsul final, ECU, să funcționeze la parametrii optimi și fără erori. Ultima etapă este reprezentată de implementarea și testarea produsului, urmată de realizarea acestuia în serie.



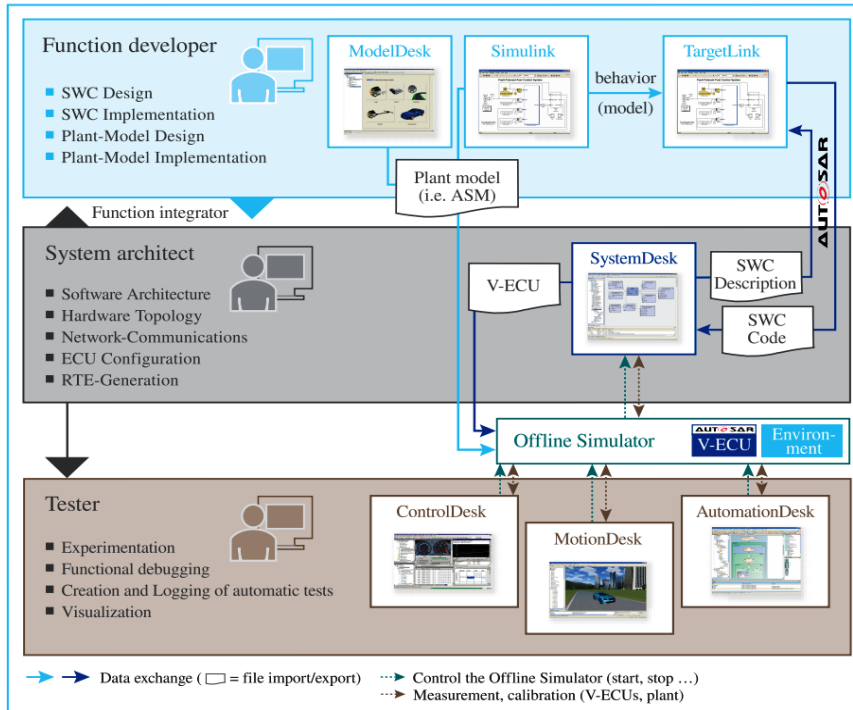


Fig. 2.15. Schemă bloc cuprinzând trei etape principale, cu instrumentele aferente, privind modul de realizare al produselor tip V-ECU

#### 2.4.2. Soluția AVL

Compania AVL (**A**nstalt für **V**erbrennungskraftmaschinen **L**ist - Institutul pentru motoare de combustie internă din List), a luat ființă în anul 1948 la inițiativa profesorului doctor Hans List, cercetător, inventator și antreprenor. De-a lungul existenței și până în prezent, lucrurile au evoluat în favoarea tehnologiei, și deci a omului, ajungându-se astăzi la un întreg portofoliu de procese, menite să ofere câștig de timp și de investiții.

Prin urmare, ingineri și proiectanții de automotive au astăzi la îndemână numeroase soluții practice, cu aplicabilitate în toate ramurile ingineriei auto și nu numai, în vederea îndeplinirii telurilor propuse.

Soluțiile oferite de AVL vin în ajutorul inginerilor de autovehicule, oferind programe de simulare pentru dinamica autovehiculelor, procesele de ardere și nu numai, din cadrul motoarelor de autovehicule, încercarea și calibrarea calculatoarelor de bord, simularea și încercarea diverselor soluții și posibilități care apar sau pot apărea la motoarele de autovehicule. Programele principale pe care le-au oferit cei de la AVL Graz Austria sunt Cruise, Boost și Fire. În cele ce urmează se va prezenta pe scurt, avantajele programului de simulare Boost.

AVL Boost este un program de simulare special dezvoltat pentru modelarea arderii din interiorul camerei de ardere a motoarelor termice. Acest program de simulare implică simularea arderii în motorul termic. Programul de simulare a fost dezvoltat de echipa de ingineri de la AVL, departamentul de termodinamica aplicată, din cadrul departamentului de Termodinamică Motoarelor și Analiza Curgerii Fluidelor.

Pentru un motor, funcționarea lui după principii termodinamice, legi de calcul și transferuri de energii, este esențială, deoarece fără a urma niște legi, nu este posibilă funcționarea în parametrii optimi de funcționare. Aceste legi sunt baza funcționării unui motor, de la care sau pe baza cărora au fost realizate bazele programului de simulare.

Ceea ce oferă programul de simulare Boost este:

- Interfața grafică a utilizatorului (GUI);
- Editorul de modelare pentru datele inițiale pre-procesare;
- Analiza rezultatelor și compararea acestora în etapa post-procesare;
- Oferă posibilitatea de a face legături între subrutine definite de utilizator pentru Boost;
- Diferite display-uri.

Avantajele pe care le oferă programul de simulare Boost sunt acelea oferite prin ușurința utilizării programului, însă necesită cunoștințe de baza minimale din domeniul ciclului motor pentru utilizator. Este un program utilizat pentru analiza stărilor de echilibru și cele tranzitorii privind performanțele motorului. Acesta poate avea o serie de aplicații printre care compararea diferitelor concepte privind motoare pentru autovehicule, optimizarea geometrică a componentelor, (de ex. sistemul de evacuare al gazelor, supapele, sistemul de admisie, optimizarea închiderii supapelor și realizarea de noi profile ale camelor), structura sistemului de supra alimentare, evaluarea regimurilor tranzitorii privind performanțele motorului (accelerare/decelerare), luând în considerare dinamica autovehiculului, etc.

Principalele caracteristici ale programului de simulare sunt traseele/conductele implicate în procesul de admisie – ardere – evacuare, problemele care apar pe traseul de evacuare și nu numai (perforări, etc.), legile de curgere ale fluidelor, sistemul de limitări, calitatea și temperatura aerului admis, supra alimentarea (turbo supra-alimentarea, geometria turbosuflantelor, compresoarele, asistenta electronică a turbosuflantelor), variante de combustie privind natura gazelor evacuate ( $\text{NO}_x$ , HC, CO; volume și presiuni constante), funcții de control (pentru ECU, PID control, Matlab/Simulink), simulări 3D. Rezultatele pot fi comparate cu datele precalculate.

Având în vedere avantajele relatate mai sus foarte sumar, se pot realiza cu ajutorul acestui program de simulare, o serie de „încercări experimentale” la rece, pe calculator, urmând ca după ce simulările au fost finalizate, rezultatele să fie concretizate prin încercări experimentale la cald, pe standul de încercări motoare.

#### **2.4.3. Soluția National Instruments**

Compania National Instruments (NI) a luat naștere în Texas, SUA, în anul 1970, la inițiativa a 3 tineri angajați ai University of Texas at Austin, nemulțumiți fiind de tehnologia calculatoarelor din acele vremuri, care nu reușeau să facă față cerințelor lor. Astfel a luat naștere NI, o companie de rang mondial, care produce echipamente automatizate de testare și softurile aferente, printre care amintim LabView. Printre aparatele de testare create de NI amintim modulul PXI, FPGA, PCI, PCI Express, etc. Tendințele din ultima perioadă au fost testările în timp real, iar NI a oferit soluția prin Compact RIO, o aplicație care asigură achiziție/prelucrare date, instrumente de control, și realizare aplicație.

În ceea ce privește ingineria autovehiculelor rutiere, soluțiile pe care le oferă compania National Instruments au aplicabilitate sigură. Plăcile de achiziție date (DAQ) sunt cele mai necesare în momentul realizării de experimente pe standul de încercat motoare la cald, apoi instrumentele de măsurare și de control în timp real, administrarea I/O (intrărilor și ieșirilor de date), controlerele programabile de

automatizare, procesarea imaginilor prin inspecție vizuală industrială, controlere de mișcare și acționare motoare, și multe altele, prin care aceasta companie oferă soluții hardware dar și software pentru domeniul ingineriei auto. Când privește soluțiile software, amintesc doar câteva, și anume LabView, LabWindows/CVI, Multisim, NI Test Stand, Vision Builder.

#### **2.4.4. Soluția Mega Squirt**

Compania Megasquirt (MSQ) are ca domeniu de activitate unitățile electronice de control programabile, cu scopul creșterii performanțelor motoarelor pe care acestea le echipează. Soluția aceasta utilizează controlul senzorilor ce echipează motorul cu scopul creșterii performanțelor energetice prin curba de putere efectivă și de moment motor efectiv. Soluția adoptată de MSQ a fost utilizată și în studiile și cercetările experimentale din prezenta lucrare.

Modalitatea de lucru implică asamblarea pieselor componente ale unității propriu-zise, un echipament de testare al funcționalității în etapa de pre-montare, de asemenea și senzori adiționali cu care se echipează autovehiculul cu scopul monitorizării suplimentare a funcționalității acestuia. Avantajul major pe care îl aduce această companie este controlul senzorilor ce echipează motorul în timp real precum și modificarea acestora de asemenea în timp real. Modalitatea de lucru și aplicație a sistemului se va regăsi în capitolul de cercetări experimentale, și anume capitolul 5.

### **2.5. Soluții privind creșterea performanțelor unui motor cu ardere internă**

#### **2.5.1. Tuningul**

Prima dintre soluțiile la care s-a apelat când a venit vorba de a crește performanțele unui motor cu ardere internă, a fost înlocuirea unor elemente mecanice de sub capota autovehiculului – și nu numai de sub capotă – în urma cărora puterea motorului să fie mai mare [45],[109].

Filtrul de aer este primul și cel mai simplu element de înlocuit, care poate fi înlocuit doar el, sau împreună cu tubulatura de admisie aferentă filtrului. Plusul de putere care se obține prin înlocuirea filtrului de aer, cu sau fără tubulatură aferentă, aduce o creștere de doar câțiva cai putere, nesemnificativ și insesizabil de către conducătorul auto la o călcare cu puterea a pedalei de accelerație, însă o diferență există și anume, sunetul va fi cu totul altul, dând impresia conducătorului autovehiculului că mașina "fuge mai repede". Forma geometrică a filtrelor de aer este conică, tipic celor utilizate în lumea sporturilor auto de performanță, însă utilizate la autovehicule cotidiene, acestea prezintă trei alternative: pot aduce un plus de putere, păstrează aceleași caracteristici, sau poate să scadă puterea motorului, acestea datorându-se materialului din care este confecționat, care permite unei cantități mai mari de aer să intre în motor.

S-au realizat studii teoretice și cercetări experimentale cu privire la întreg sistemul de admisie de aer al motoarelor, punându-se în evidență cererile crescute de îmbunătățire a performanțelor acestora, odată cu reducerea consumului de combustibil și controlul naturii gazelor de evacuare. Pe lângă funcția de baza a colectorului de admisie, care o reprezintă dirijarea masei de aer, necesară arderii, către cilindrii, astfel încât arderea să fie completă, filtrul de aer trebuie să îndeplinească mai multe sarcini, printre care:

- Filtrarea masei de aer admise de particulele solide pentru a se evita pătrunderea acestora în interiorul camerei de ardere, pentru a nu se produce distrugerea acesteia.
- Îmbunătățirea performanțelor motorului, în ceea ce privește puterea și cuplul, printr-o amplasare optimă pe traseul de admisie.
- Rezistență crescută la variații ale temperaturilor, care pot oscila între - 45°C și 100°C, precum și rezistență la îmbătrânire
- Rezistență chimică funcție de natura elementelor cu care poate lua contact (combustibili, uleiuri, aditivi, etc.).

Prin urmare, elementul filtrant, în ciuda faptului că nu participă efectiv concret în creșterea directă a performanțelor motoarelor, are de îndeplinit o serie de sarcini. Permeabilitatea filtrelor reprezintă însă un element care poate fi considerat ca fiind importat în evoluția crescătoare a performanțelor motoarelor cu ardere internă. Cercetările realizate privind acest subiect ne prezintă curbele de putere și de moment motor (figura 2.16) pentru mai multe variante de elemente filtrante, toate comparate cu soluția originală, care echipează vehiculul testat, Opel Omega A, tabelar fiind prezentate soluțiile utilizate în cadrul cercetărilor (tabelul 2.2).

Parametrii care au fost modificați au fost finețea de filtrare și suprafața de filtrare, cu modificări implicite asupra presiunii și temperaturii cantității de aer admisă.

Tabel 2.2 Variația caracteristicilor elementelor filtrante [37]

Element	Mediu filtrare	Suprafață filtrantă [mp]	Permeabilitate [l/m <sup>2</sup> s] la dp =200Pa	Mărime pori [μm]
C20NE (original)	Celuloză (X13)	0,8	260	21
EF 01	Celuloză + Epoxid T1	0,6	860	60
EF 02	Celuloză + Epoxid T1	1,2	860	60
EF 03	Celuloză + Epoxid T1	0,6	260	35
EF 04	Celuloză + Epoxid T1	0,8	260	35
EF 05	Celuloză + Epoxid T1	1,2	260	35

Variația curbelor de putere și de cuplu sunt relativ asemănătoare privin cele cinci măsurători experimentale [37], [38], curbele ele fiind prezentate pe un singur grafic (figura 2.16).

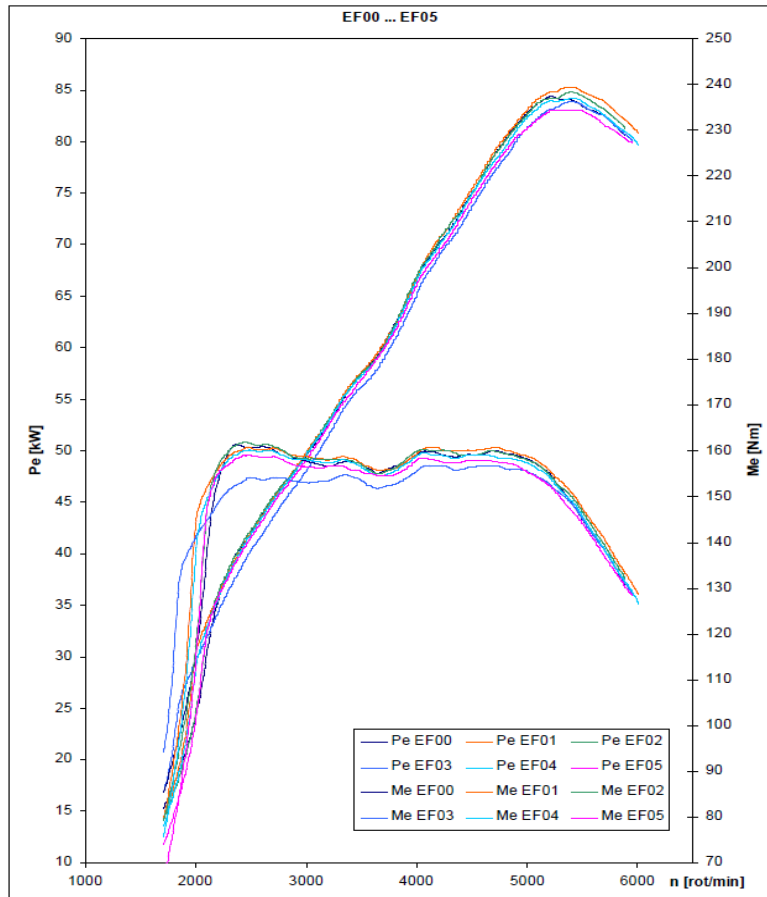


Fig. 2.16. Curbe de putere ( $P_e$ ) și de cuplu ( $M_e$ ) pentru 5 elemente filtrante [37]

Figura 2.17 prezintă tipul de filtru de aer conic, cel mai utilizat element care se înlocuiește la un motor-tuning, accesibil și ușor de montat pe motor [58]. La această soluție apelează conducătorii auto care doresc o admisie de aer crescută comparativ cu filtrul original, din dotarea standard a motorului.

Galeria de admisie (figura 2.18) este următorul element care ar putea fi înlocuit în vederea obținerii unui plus de putere [44], [46]. Permițând unei cantități mai mari de aer să ajungă în camera de ardere, împreună cu combustibilul, puterea motorului va fi mai mare, iar cazul cel mai des întâlnit este acela al motoarelor cu elemente de supraalimentare deja montate pe motor.



Fig.2.17. Filtru de aer conic pentru tuning



Fig.2.18. Galerie admisie pentru tuning

Studiile teoretice și cele experimentale [60] au demonstrat faptul că motoarele termice prezintă valori crescute pentru puterea efectivă și pentru momentul motor efectiv, dacă aerul aspirat este precomprimat înainte de a fi introdus în interiorul camerei de ardere [4], [5]. Efectul de rezonanță este deja răspândit printre soluțiile de creștere a performanțelor motoarelor, grafic fiind

prezentate evoluția momentului motor odată cu creșterea turației pentru câteva soluții privind supraalimentarea prin efectul rezonator (figura 2.19).

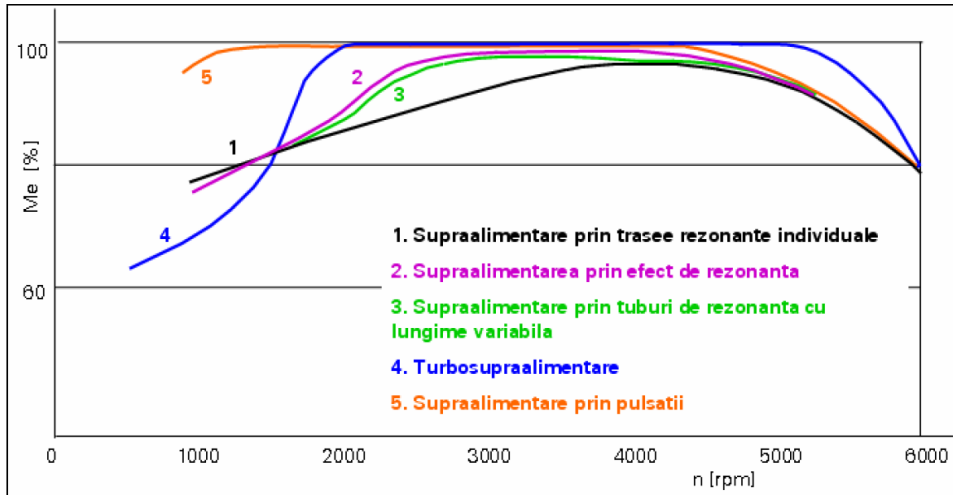


Fig. 2.19. Variația cuplului motor pentru 5 soluții variate privind efectul rezonator [37]

Simularea curgerii aerului la implementarea efectului rezonator (figura 2.20), cu ajutorul programelor de simulare, și anume CFD (Computational Fluid Dynamic) [86], permite optimizarea galeriilor de admisie (figura 2.20), astfel reducându-se costurile suplimentare precum și timpul [6], [28].

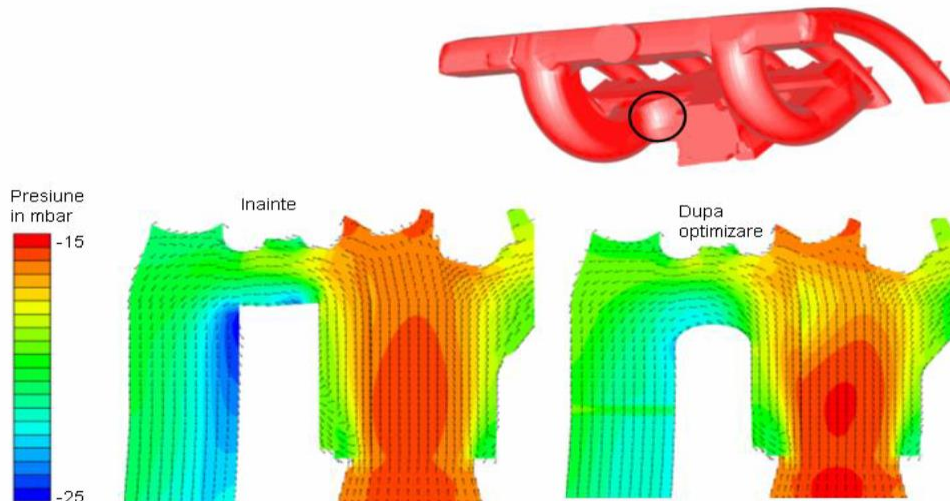


Fig. 2.20. Optimizarea galeriei de admisie cu ajutorul CFD [37]

Una dintre soluțiile la care se poate apela privind îmbunătățirea performanțelor sistemelor de admisie din prezent este distribuția variabilă. Această soluție privește reducerea consumului de combustibil precum și a emisiilor poluante ale motoarelor cu aprindere prin scânteie. Această metodă presupune controlul sarcinii motorului fără obturator, asociată cu tratarea catalitică a gazelor de evacuare cu ajutorul



catalizatoarelor. Distribuția variabilă permite modificarea, pe durata funcționării motorului, a momentului, a duratei și a înălțimii supapelor, una sau mai multe dintre acestea. Însă una dintre soluțiile cele mai noi o reprezintă distribuția variabilă MultiAir (figura 2.21).

Galeria de evacuare (figura 2.22) urmează firul înlocuirilor, element care merge în paralel cu înlocuirea galeriei de admisie. Logica lucrurilor este: o cantitate de aer mai mare admisă necesită mai mult spațiu pentru evacuare. Aceste înlocuiri, ale galeriilor de admisie și de evacuare, se realizează pentru a păstra un raport bun cu privire la admisie și evacuare. Pentru ca gazele rezultate în urma arderii să fie mai ușor evacuate, galeria de evacuare modificată va fi tapată cu pânză adezivă sau fibră de sticlă, pentru a izola căldura.

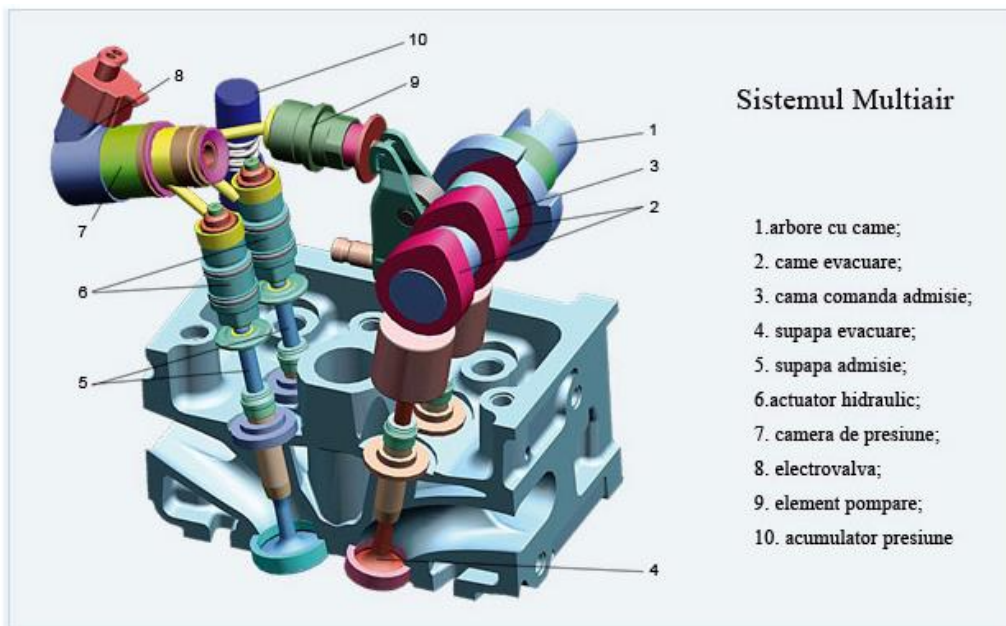


Fig. 2.21. Distribuția variabilă MultiAir [114]

Continuând parcursul aerului, ajungem la traseul de evacuare, care implică mai multe elemente, și anume: prima secțiune în formă de "S", care este legătura dintre galeria de evacuare și următoarele elemente ale traseului de evacuare, continuând cu toba intermediară, catalizatorul și toba finală. Pentru un tuning motor adevărat, este necesară schimbarea integrală a tuturor elementelor din traseul de evacuare. Nu este recomandată înlocuirea doar a tobei finale, care ține de cele mai multe ori de estetic, cu scopul obținerii de plus de putere, acest lucru nu putând să îl ofere toba finală. Avantajul pe care îl oferă un traseu de evacuare complet înlocuit este susținut de geometria tubulaturii traseului, care facilitează evacuarea gazelor arse mult mai ușor comparativ cu traseul de evacuare din dotarea autovehiculelor, la cumpărare din fabrică.





Fig. 2.22 Galerie evacuare pentru tuning

Supra alimentarea cu ajutorul compresoarelor (figura 2.23) sau a turbo-compresoarelor (figura 2.24) poate fi și ea înlocuită cu unele mai performante, pentru că piața oferă aceste oportunități [68]. Fie că e vorba de compresor mecanic sau turbocompresor, este recomandat ca acestea să fie înlocuite împreună cu celelalte elemente menționate mai sus. Avantajele sunt mari, și anume plusul de putere este deja sesizabil iar puterea este crescută. Însă și compresorul și turbocompresorul necesită o electronică specială pentru evitarea apariției detonației [15], [20].



Fig. 2.23 Compresor mecanic pentru tuning



Fig. 2.24 Turbocompresor pentru tuning

Instalarea buteliilor de oxigen și de azot, care în combinație formează oxidul de azot ( $N_2O$ ), este un „aditiv” suplimentar al amestecului carburant, este o altă soluție care poate aduce un plus de putere însă durata funcționării cu performanțe crescute cu acest „aditiv” este una foarte redusă – de ordinul zecilor de secunde [118].

Pompa de benzină este cea care, urmând cursul schimbărilor, trebuie înlocuită, pentru ca aerul aspirat de turbocompresor, prin galeria de admisie și filtru de aer, să nu producă un amestec prea sărac și astfel motorul să nu funcționeze în parametrii normali, adică să nu dea rateuri și să funcționeze fără detonații. Ofertele pe piață sunt dintre cele mai diverse în ceea ce privește pompele de benzină, iar în directă legătură cu pompa de benzină sunt injectoarele, bujiile și fișele, care trebuiesc de asemenea schimbate; dacă înlocuim pompa de benzină iar injectoarele nu, acestea din urmă nu vor putea face față cantității crescute de combustibil, pompat de pompa de benzină.

În urma modificărilor menționate mai sus, motorul nu numai ca va funcționa mai bine, dar se va și supra încălzi motiv pentru care trebuie avut în vedere și înlocuirea radiatoarelor, de apă și de ulei. Cel de apă, și anume intercoolerul – care și prin simpla montare va aduce un plus de putere, în cazul mașinilor supra alimentate, necesită înlocuirea cu un altul cu suprafață mai mare, pentru a se putea „conforma” cerințelor motorului. Tot datorită supra alimentării trebuie înlocuit și radiatorul de ulei, dacă nu sunt în ansamblu, cu altele mai mari. Figura 2.25 prezintă o soluție aplicată unui motor supra alimentat, și anume a unui radiator de apă cu capacitate de transport agent de răcire mărită, consecință a modificărilor mecanice aduse motorului.

Finalizând traseul de admisie, ce cel de evacuare și toate elementele care le angrenează, ajungem la piesele din cadrul blocului motor, care pot contribui considerabil la o creștere a performanțelor motorului, evidențiată prin cai putere sau kW. Aici vorbim despre arbore cotit, axe cu came, cuzineți, pistoane forjate, biele, supape, arcuri supape, etc., putând continua până la înlocuirea completă a tuturor elementelor blocului motor. Aceste modificări asupra elementelor blocului motor sunt implicite atunci când autovehiculului i s-au mai înlocuit și alte elementele din dotarea firmei constructoare – o parte dintre elemente au fost menționate mai sus – cu alte elemente cu scopul creșterii performanțelor autovehiculului. În acest caz, al schimbării elementelor blocului motor, putem deja să vorbim despre un alt motor,

deoarece performanțele pe care le aduc aceste modificări pot fi chiar și duble sau chiar mai mult, comparativ cu performanțele implicite ale motorului.



Fig. 2.25 Radiator lichid de răcire modificat

S-a vorbit despre o nouă electronică atunci când s-a prezentat supra alimentare [16]. Aceasta se poate realiza cu ajutorul unui ECU programabil. Acesta subiect face obiectul prezentei lucrări. Prin ECU programabil, sau în acest domeniu al tuningului mai poartă denumirea de "stand-alone", se înțelege un calculator de bord "gol" adică fără nici un parametru predefinit, fără nici o valoare de maxim sau de minim, limite între care să pot oscila valorile citite de senzorii aflați pe autovehicul, pentru că acestea se vor realiza exact după modificările și noile performanțe de care este capabil noul motor modificat prin tuning, lucru despre care vom vorbi pe larg în lucrare.

### 2.5.2. Unități electronice de control programabile

În paragraful anterior s-a prezentat modalitatea prin care se pot crește performanțele unui motor cu ardere internă, care presupune înlocuirea fizică a elementelor mecanice direct implicate în creșterea performanțelor unui autovehicul, iar în cele ce urmează vom prezenta modalitatea prin care se poate obține un plus de putere și fără a face modificări atât de multe la un autovehicul, putând obține o creștere a performanțelor concentrându-ne doar asupra părții electronice a autovehiculului, și anume asupra calculatorului de bord [50].

Chip tuningul este procesul prin care se pot optimiza datele înmagazinate în eeprom, date care gestionează combustibilul, injecția, aprinderea, presiunea și cantitatea aerului, un chip (circuit integrat) instalat în ECU. Această optimizare se

poate face în două moduri, și anume, se poate înlătura fizic unitatea Eprom, noua unitate eprom instalată conținând deja noile informațiile necesare în vederea creșterii performanțelor motorului, sau modalitatea a doua, prin "flesh" și anume, datele înregistrate în eprom sunt șterse iar noile date care vor fi scrise în unitatea eprom vor asigura o creștere a performanțelor motorului funcție de cerințele proprietarului. Scrierea noilor date se bazează măsurători realizate pe standul dyno, sau pe măsurători în timp real, pe circuite de încercări

Această optimizare mai poartă denumirea și de „mapare”, cuvânt derivat de la cuvântul „map” care înseamnă hartă în limba engleză. Această mapare cuprinde toate valorile relevante care sunt citite cu ajutorul senzorilor, și care sunt direct implicate în proces, printre care momentul injecției, cantitatea amestecului carburant, momentul aprinderii, presiunea aerului, valori care vor fi calculate și care vor fi interpretate în interdependență unele cu altele, astfel încât puterea maximă și momentul motor să crească fără a afecta durata de viață a motorului.

Singura situație însă în care putem să vorbim despre tuning în domeniul autovehiculelor – la nivel de electronică – este cea privind calculatorul de bord, singura în măsură să gestioneze întreg ansamblul autovehiculului. Sunt două situații care intră în discuție și anume prima dacă autovehiculului i s-au făcut modificări considerabile privind motor tuningul, în această situație se recomandă a fi realizat și tuningul la nivelul calculatorului de bord al autovehiculului, iar cea de-a doua situație, dacă motorului nu i s-au realizat modificări de tipul motor tuningului, atunci se poate realiza ECU tuningul fără nici o restricție, motorul permițând ca performanțele sale să fie duse spre limita superioară, acesta fiind cazul pe care îl vom prezenta în teza de doctorat detaliat.

Modificarea parametrilor din ECU pot oferi creșteri de putere ale motorului de la 1% până la 30%, procentele variind funcție de multe elemente, atât constructive cât și de capacitățile conducătorului autovehiculului.

Engine Control Unit este o unitate electronică de control care monitorizează, ajustează, atenționează, etc., funcționarea corectă a motorului. Primele „ECU” au apărut prin anii '80 iar acestea foloseau parametrii de intrare de la motor cu ajutorul unor tehnici analogice, iar pentru a calcula valorile de ieșire, „ECU” folosea un tabel de căutare a datelor memorate într-un cip digital, denumit ROM cip, care însă avea dezavantajul că valorile precalculate erau optime doar pentru un motor nou, odată cu trecerea timpului, apărând uzura, ROM cip-ul furniza date eronate.

În zilele noastre, un ECU folosește microprocesoare care au capacitatea de a procesa datele de intrare de la senzorii motorului în timp real. Un ECU conține două părți: una hardware și una software. Cea hardware este alcătuită din componente electronice pe o placă de circuite, un substrat ceramic sau un strat laminat subțire. Componenta principală a acestei plăci este un microcontroler chip (CPU). Partea software este înmagazinată în acest microcontroler sau în alte cipuri de pe placă, dar de obicei în eprom (memoria flash).

Modalitățile prin care se pot opera modificările de parametrii sunt diferite. Prima dintre acestea fiind un soft, cu ajutorul căruia se va putea opera direct în ECU, iar noii parametrii care urmează a fi schimbați vor fi înlocuiți, iar cei din dotarea autovehiculului din fabrică vor fi șterși, operațiune care poartă denumirea – cum am amintit și mai sus – de flashing (flash tuning). Procesul acesta se face foarte simplu, cu ajutorul unui laptop și o interfață, prin mufa OBD (On Board Diagnosis). În această situație, softul permite înlocuirea parametrilor standard cu cei precalculați pentru acel tip de motor, astfel că puterea motorului să fie alta, mai mare, decât cea inițială [48].

O altă variantă de modificare a puterii motorului este chip tuningul, situație în care unitatea ECU este deschisă (la propriu) iar microcontrolerul eeprom va fi demontat și înlocuit cu altul nou, de același model, dar cu noile date – noii parametri – introduse în eeprom pentru ca motorul să funcționeze astfel încât să ofere un plus putere. La modelele mai noi de ECU nu se mai dezlipsește fizic eeprom-ul de pe placa de bază, ci cu ajutorul unui dispozitiv denumit BDM (Background Debug Mode) se va citi/rescrie softul cu noii parametrii.

O alta modalitate de tuning este eco-tuning-ul care este o metodă asemănătoare chip tuningului. În ambele cazuri se modifică softul de gestiune, doar că la ecotuning se urmărește scăderea consumului de combustibil și nu creșterea de putere. Astfel că la motoarele supraalimentate consumul de combustibil poate să scadă cu până la 15% iar la motoarele aspirate cu doar 5%. Acest tip de tuning se adresează persoanelor care parcurg mulți km și sunt mulțumiți de performanțele autovehiculului.

Dar ce determină acest ECU? El determină printre altele cantitatea de carburant – se bazează pe o mulțime de parametri: dacă pedala de accelerație e apăsată mai tare, ECU va deschide admisia și va da voie la mai mult aer să fie atras spre motor, ECU va comanda o injecție cu mai mult carburant, conform cu cantitatea de aer care intră în motor. Dacă motorul nu s-a încălzit încă, va fi injectat mai mult carburant; momentul aprinderii – un motor cu aprindere internă necesită o scânteie care să inițieze combustia în camera de ardere, [51], un ECU poate regla precis momentul aprinderii pentru a furniza o mai mare putere și totodată economie de combustibil. Dacă apar detonații, ECU le va detecta și le va „judeca” ca fiind un rezultat al aprinderii timpurii în faza de compresie, și va întârzia momentul aprinderii pentru a prevenii aceste detonații; turația ralanti-ului – majoritatea motoarelor au controlul ralantiului încorporat în ECU; turația motorului este monitorizată de către senzorul de turație de pe arborele cotit, care are un rol primar în sincronizarea motorului pentru injecție, scânteie și sincronizarea supapelor.

În cele ce urmează vom prezenta ce sunt ECU-urile programabile. Acestea sunt o alta categorie de calculatoare de bord care pot fi programate, iar acest avantaj pe care îl oferă, îl putem folosi atunci când au fost aduse modificări semnificative unui motor standard, modificări de genul instalare/schimbare turbină, instalare/modificare inter cooler (este un instrument de schimb de căldură aer-aer sau aer-lichid folosit la motoarele turbo sau supraalimentate, pentru a le îmbunătăți performanțele), modificare evacuare, etc. Datorită acestor modificări, ECU original poate să nu ofere controlul optim pentru acestea [29], iar aici intervine ECU programabil. Acesta poate fi programat/mapat (map (în limba engleză) = hartă (în limba română)) cu un laptop și un cablu OBD/USB. Alți parametri care pot fi mapați sunt: aprinderea – definirea momentului când o bujie să producă scânteie în cilindru; turația maximă – definește turația maximă pe care o poate atinge motorul, moment după care carburantul și/sau aprinderea este întreruptă; corecția răcirii motorului – permite alimentarea cu combustibil suplimentar atunci când motorul este rece; alimentarea rapidă – cu ajutorul senzorului de la pedala de accelerație, i se transmite ECU-lui să adauge o anumită cantitate de carburant; modificarea presiunii scăzute a carburantului – senzorul pompei de alimentare îi transmite ECU-lui să mărească timpul de injectare a carburantului pentru a compensa pierderea presiunii carburantului; bucla închisă a sondei lambda – ECU monitorizează sonda lambda și pentru a obține o combustie ideală, va modifica amestecul aer/combustibil [30].

Poziția unui ECU programabil în controlul motorului se prezintă în figura 2.26, unde se observă central unitatea electronică, care poate fi accesată cu ajutorul

unui software dedicat, apoi conectat la un simulator și la ECU (Relay Board) al motorului, la care sunt conectate "executabilele" (pompa de combustibil, injectoarele, etc.).

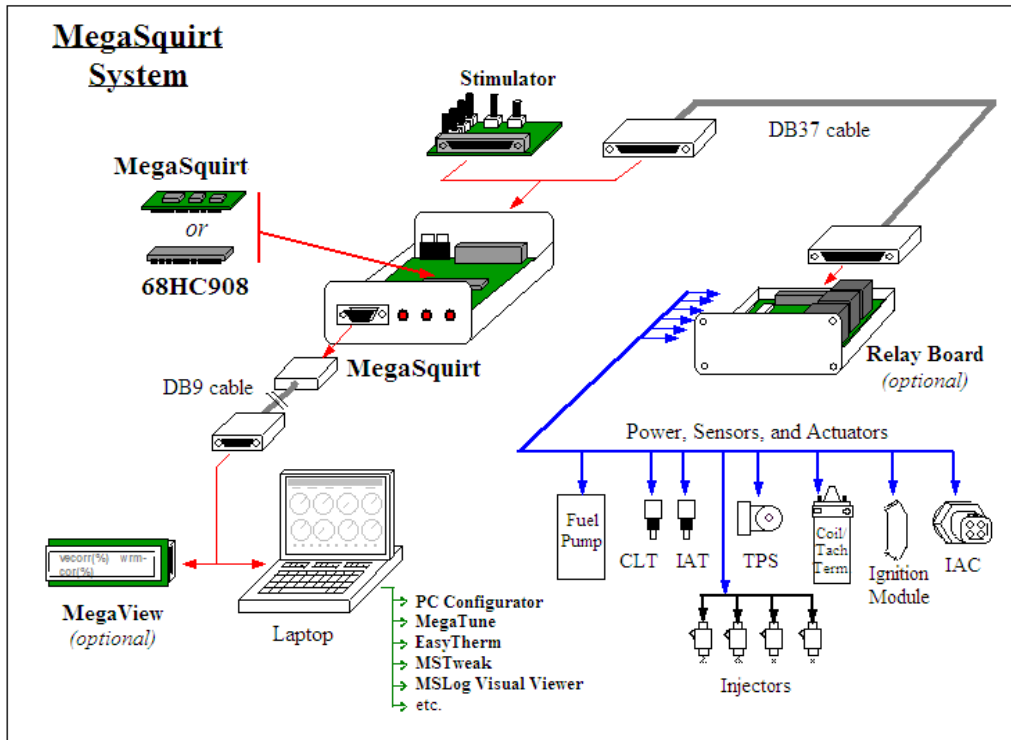


Fig. 2.26. Poziționarea ECU programabil în circuitul unui motor [114]

La autovehiculele de curse, sunt ECU avansate care includ funcționalități cum ar fi „launch control” care limitează puterea motorului în treapta întâi de viteză pentru a evita derapările. Mai sunt și alte funcționalități avansate, cum ar fi: controlul Wastegate – setează comportamentul unei turbine Wastegate (o turbină care deviază gazele de evacuare pe lângă turbină), controlând presiunea; injecția grupată – setează comportamentul injectoarelor duble pe cilindru, folosite pentru a obține un control mai precis al injecției și al pulverizării de carburant pe o scară largă a turației motorului; controlul treptei de viteză – ECU va întrerupe/tăia aprinderea în timpul creșterii treptelor de viteză sau va întrerupe/tăia accelerația în timpul scăderii treptelor de viteză, acestea doar în cazul cutiilor de viteze secvențiale.

Figura 2.27 prezintă o imagine de ansamblu a unei unități ECU programabile, partea hardware, deschise.





Fig. 2.27 Unitate ECU programabilă deschisă [114]

### 2.6. Natura gazelor evacuate de motoarele cu ardere internă modificate prin tuning și consecințele asupra omului și mediului ambiant

Problemele legate de natura gazelor evacuate de către autovehiculele rutiere a fost pentru prima dată menționată în anul 1959 când statul California din SUA a emis legi care să limiteze emisiile poluante privind concentrațiile de CO și HC, apoi, la scurt timp, legi privind emisiile datorate evaporării combustibilului din carburator și din rezervorul de combustibil, continuând cu calitatea fumului emis, atitudine care a continuat să fie adoptată și de Organizația Națiunilor Unite, și de Comisia Europeană, care a propus elaborarea unui program de acțiune în această direcție. Gazele cu efect de seră au fost cele asupra cărora s-a luat poziție, cele mai importante fiind dioxidul de carbon ( $\text{CO}_2$ ) – rezultat din industrie și din emisiile autovehiculelor, metanul ( $\text{CH}_4$ ) – rezultat din activitățile umane, protoxidul de azot ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ozonul ( $\text{O}_3$ ), vaporii de apă ( $\text{H}_2\text{O}$ ), etc. Primele două elemente menționate, dioxidul de azot și metanul au cel mai însemnat impact asupra încălzirii globale și asupra sănătății omului, compuși eliberați în urma arderii combustibililor fosili [47].

Autovehiculele cu motoare termice utilizează combustibili fosili, care în urma prelucrării prin distilare – în cazul motorinei – sau îmbunătățirii cu benzen-uri pentru a mării cifra octanică – la benzină, continuă să emită noxe din grupa gazelor cu efecte de seră. Cu atât mai mult motoarele modificate prin tuning – și aici nu este inclus eco-tuningul – produc noxe din grupa mai sus menționată, motivul fiind dorința de obținere de performanțe crescute, indiferent care este prețul pentru obținerea acestora.

Soluțiile care se aplică deja pe scară largă pe piețe, în vederea reducerii emisiilor poluante din grupa gazelor cu efect de seră, sunt combustibilii alternativi: Bio-dieselul pentru motorine, și bio-etanol pentru benzine, sau alte soluții.

Efectele pe care le produc gazele evacuate de motoarele modificate prin tuning sunt de la migrene la nivelul lobilor temporali, până la cancer, efect dovedit în cazul hidrocarburilor policiclice aromatice. Aldehidele sunt alți compuși ai gazelor evacuate de motoarele modificate prin tuning, și nu numai, cu un important potențial cancerigen. Acestea sunt prezente în gazele de evacuare într-un procent mai scăzut în cazul combustibililor fosili, însă în cazul combustibililor alternativi pe baza alcoolilor, procentele sunt mai ridicate.

Monoxidul de carbon, CO, este un alt element component al gazelor de evacuare ale motoarelor termice, element care împiedică alimentarea cu oxigen a creierului, provocând complicații persoanelor cardiace. Compușii azotului au efect nociv asupra persoanelor suferinde de boli pulmonare, precum și în formarea smogului, o altă problemă a marilor orașe. Smogul fotochimic se formează sub acțiunea razelor solare, în atmosferă, datorită prezenței HC-lor și NO, ca urmare a reacțiilor chimice în lanț, efectele acestuia făcându-se simțite la nivelul mucoaselor și a ochilor, producând iritații. Funinginile, rezultat al arderilor incomplete din motoarele cu aprindere prin comprimare sunt și ele cancerigene, odată ajunse în plămâniile umane. Plumbul prezent în benzine, este unul dintre cele mai dăunătoare elemente din gazele de evacuare, producând insuficiențe renale, afectând sistemul nervos, etc.

Din cercetările experimentale efectuate pe autovehicule rutiere, s-a constatat că natura gazelor evacuate de către autovehiculele rutiere, echipate atât cu m.a.s, cât și cu m.a.c., produc gaze nocive ca o consecință a arderilor incomplete din camera de ardere.

O situație explicativă o reprezintă noxele evacuate de motoarele încercate pe standul dinamic de probe, Maha LPS3000, din cadrul Facultății de Mecanică, Universitatea Politehnică din Timișoara. Autovehiculele au fost testate pe standul dinamic încărcat cu o forță de 200N dar și cu 0 N. S-a constatat că în cazul m.a.c., hidrocarburile prezintă valori ridicate în treapta I a motorului, pe când la regimuri stabile de funcționare, HC-le, cantitativ, sunt mai reduse. În cazul m.a.s., la amestecuri sărace, cantitatea de CO<sub>2</sub> este relativ scăzută, datorită consumului redus de combustibil, însă odată cu mărirea unghiului pedalei de accelerație, cantitatea de combustibil injectată în camera de ardere crește, deci implicit crește și consumul de combustibil, de asemenea crește cantitativ și cantitatea de CO<sub>2</sub> evacuată de autovehicul [94], [95].

Cele prezentate doresc să prezinte pe scurt efectele provocate de către gazele de evacuare ale autovehiculelor termice, și importanța care trebuie acordată calității noxelor. Legile și normativele emise de către statele semnatare ale Procesului de la Kyoto, printre care și România, doresc să reglementeze aceste cifre ale concentrațiilor elementelor nocive prezente în gazele de evacuare, normativele EURO, de la EURO 1 până la EURO 6 reușind să stabilească limite ale concentrațiilor elementelor dăunătoare omului și mediului [102].

Cazurile de mai jos (figurile 2.28, ... 2.37) prezintă evoluțiile noxelor: CO<sub>2</sub>[%], O<sub>2</sub>[%], CO[%], HC[ppm] și NO<sub>x</sub> [ppm] în funcție de turație și în funcție coeficientul excesului de aer, lambda pentru cazul motorului testat K7J 1.4 MPI LOGAN Dacia, pentru diferite situații, și anume la funcționarea cu consumatorul (agregatul de climă) cuplat sau decuplat, și anume activat sau neactivat, precum și la funcționarea cu viteză constantă sau variabilă.



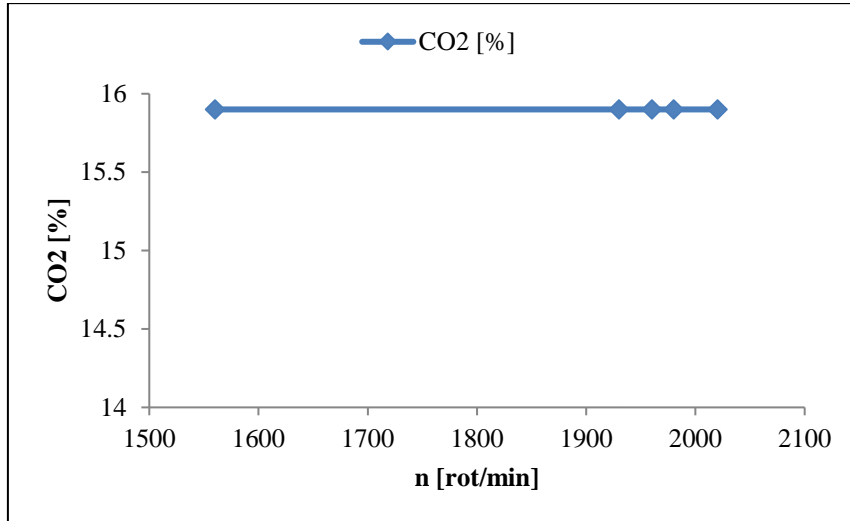


Fig. 2.28. Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]

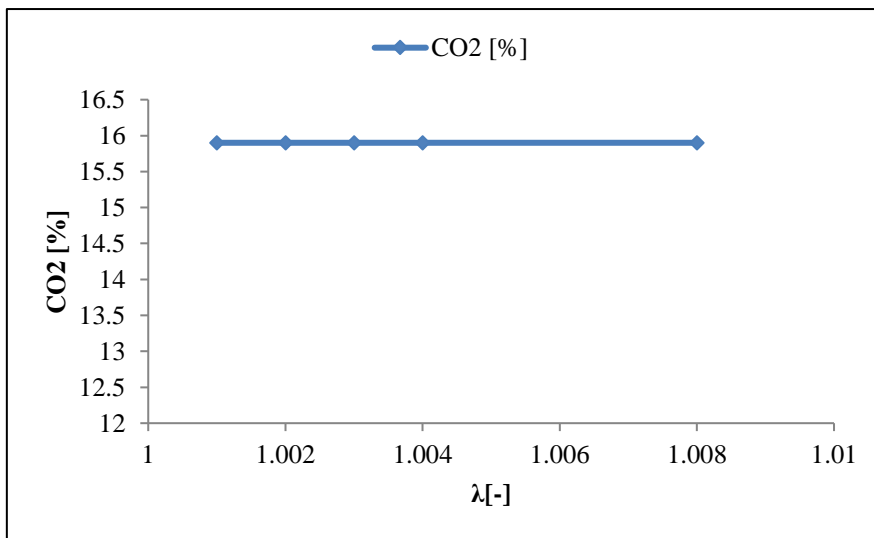


Fig. 2.29. Variația CO<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]

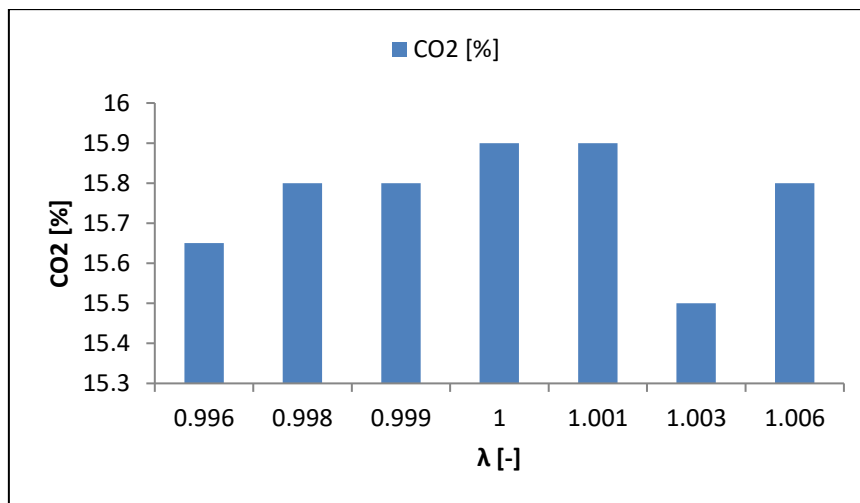


Fig. 2.30. Variația CO<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză variabilă, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, fără sarcină [95]

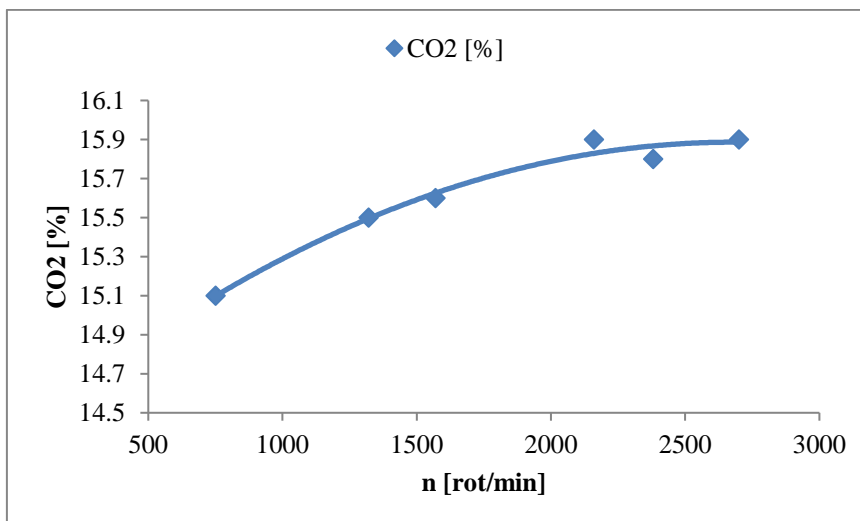


Fig. 2.31. Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză constantă (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]

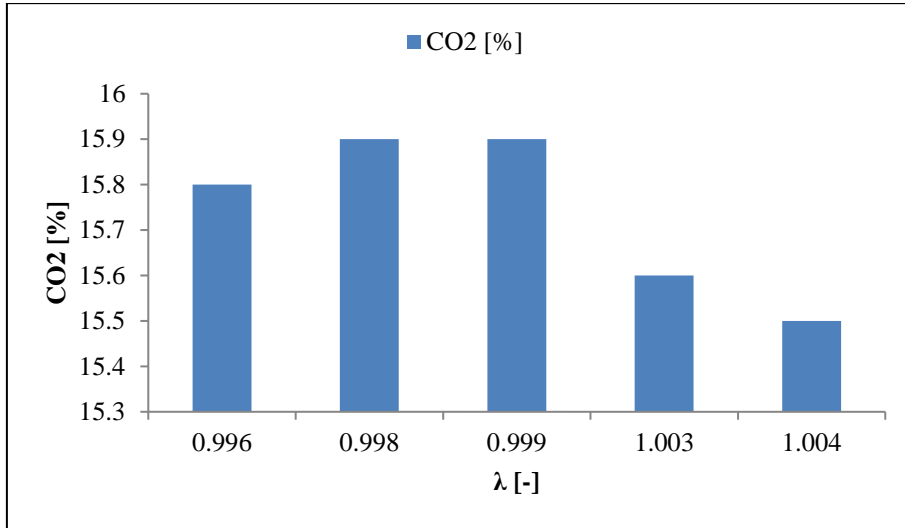


Fig. 2.32. Variația CO<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză constantă (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]

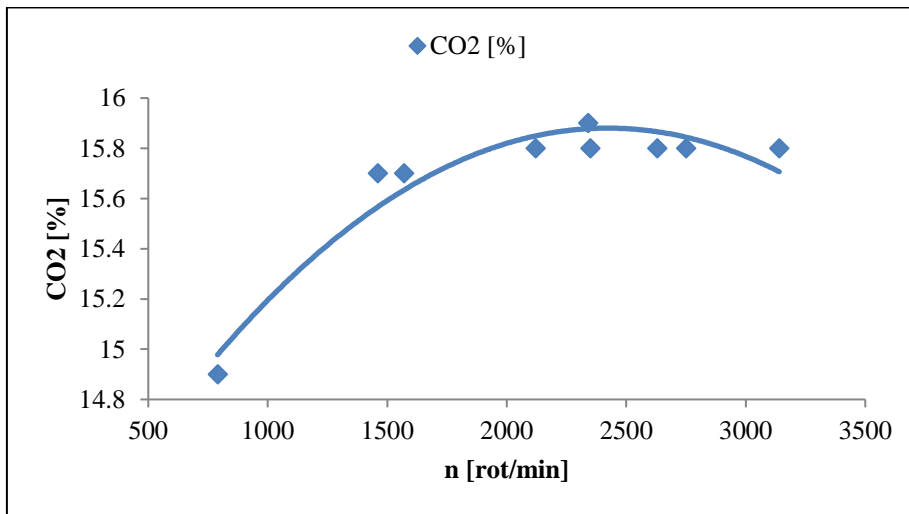


Fig. 2.33. Variația CO<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză variabilă, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]

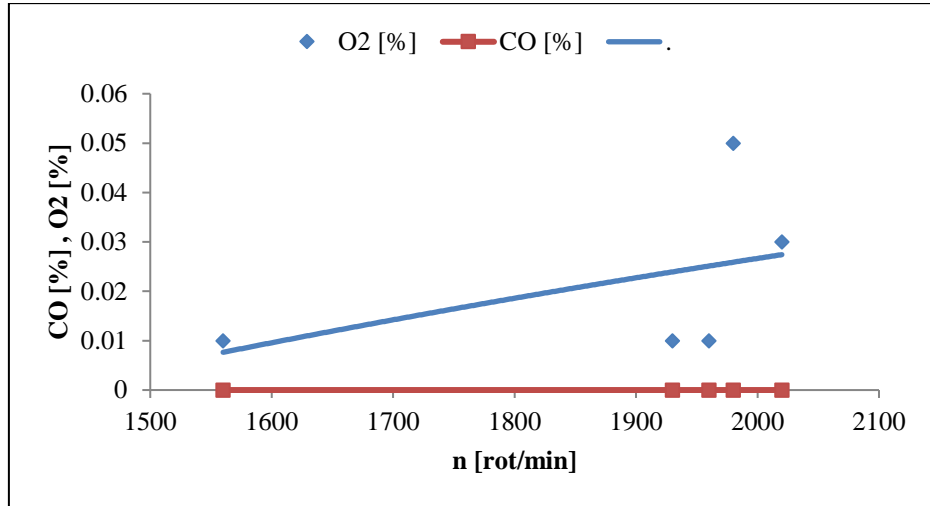


Fig. 2.34. Variația CO și O<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]

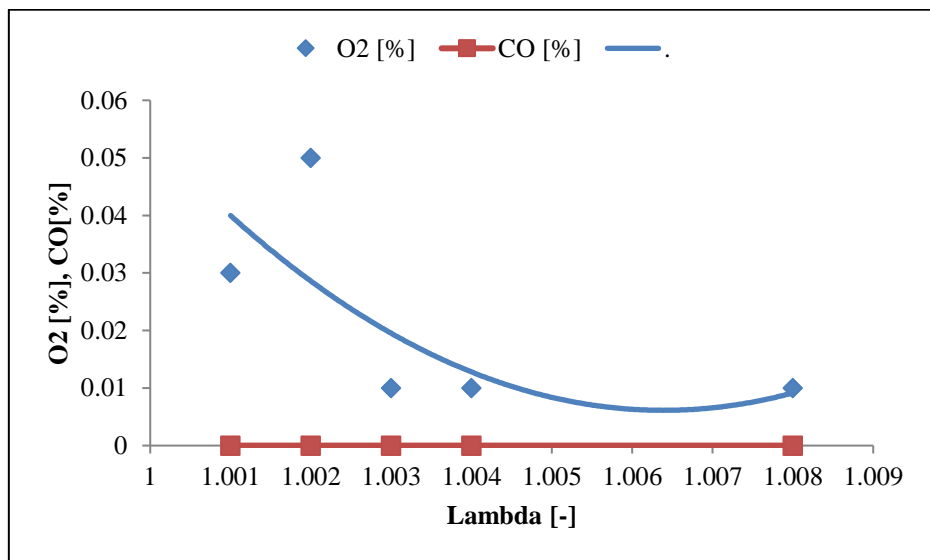


Fig. 2.35. Variația CO și O<sub>2</sub> în funcție de lambda pentru rulare cu viteză constant (v=50km/h), pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator activ, fără sarcină [95]

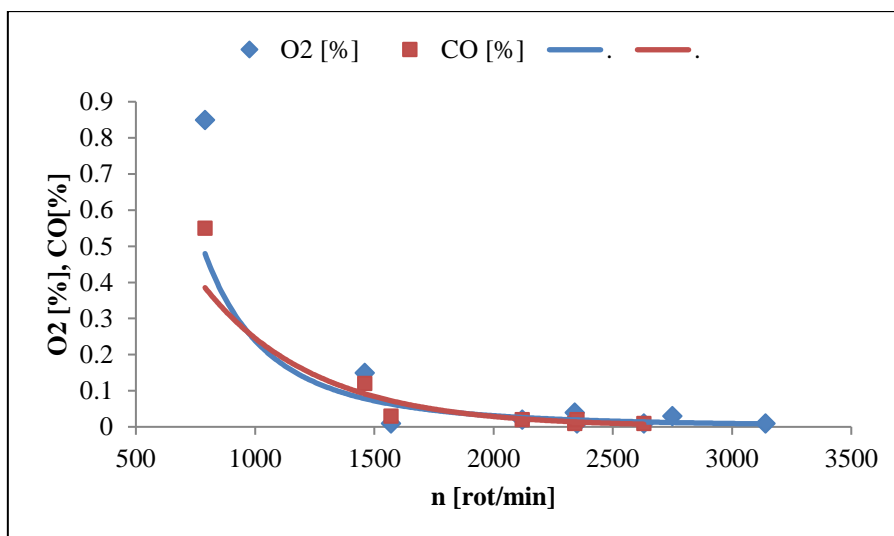


Fig. 2.36 Variația CO și O<sub>2</sub> în funcție de turație pentru rulare cu viteză variabilă, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, cu consumator inactiv, în sarcină [95]

În urma analizei figurilor 2.28...2.37, s-a constatat faptul că la turații relativ constante se poate observa o variație aproximativ liniară a CO<sub>2</sub> precum și o creștere a valorilor O<sub>2</sub>. De asemenea și hidrocarburile și oxizii de azot prezintă variații după cum urmează: odată cu creșterea turației, valorile NO<sub>x</sub> sunt în creștere, pe când HC-le prezintă valori descrescătoare. Aceste modificări sunt analizate pentru cazul funcționării motorului testat K7J 1.4 MPI, LOGAN Dacia, fără sarcină.

Hidrocarburile neare precum și oxizii de azot au fost și sunt încă elemente nocive prezente în gazele de evacuare. Grafic se prezintă Variația acestora în funcție de coeficientul excesului de aer, lambda, observându-se faptul ca doar în jurul valorii  $\lambda=1$ , curbele prezintă valori scăzute. Funcționarea autovehiculelor la sarcină conduce la valori crescute pentru HC și NO<sub>x</sub>, de asemenea funcționarea la regimuri de turații diferite.

De asemenea, funcționarea autovehiculelor la anumite regimuri de turații precum și la diferite sarcini, au fost testate în laboratoare de specialitate pentru evaluarea speciilor poluante emise de către acestea. Noutatea studiilor au fost cele legate de testarea vehiculelor modificate cu ajutorul ECU programabile, cu scopul creșterii performanțelor acestora. Rezultatele cercetărilor experimentale cu privire la natura gazelor evacuate sunt prezentate integral în capitolul 5.

În urma propriilor cercetări experimentale realizate asupra motorului Volvo 440 turbo, ce echipază Renault 5 GTT, autovehicul destinat competițiilor sportive, (figurile 2.11 ...2.14) s-a putut observa o variație a dioxidului de carbon, în funcție de turație și de coeficientul excesului de aer, lambda, precum și variația CO<sub>2</sub>-lui la diferite forțe de încărcare a stadiului experimental. S-a observat că odată cu creșterea forței de încărcare, chiar dacă controlul motorului s-a realizat cu ECU programabil, speciile poluante, în cazul de față dioxidul de carbon, prezintă creșteri progresive odată și cu creșterea turației motorului testat, însă valorile rămân în limitele legale.

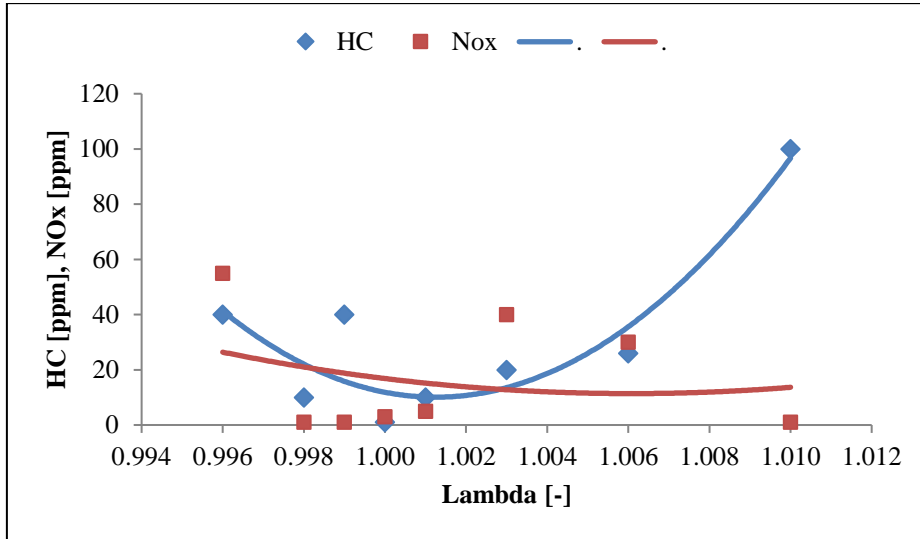


Fig. 2.37. Curbele de variație ale HC și NO<sub>x</sub>, în funcție de lambda, pentru motor K7J 1.4 MPI Dacia Logan, la forță de încărcare 0N [95]

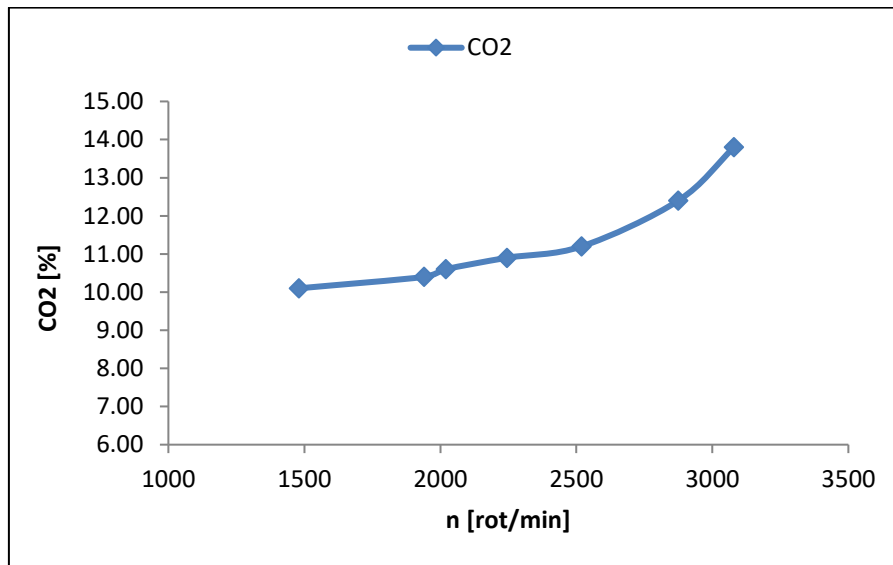
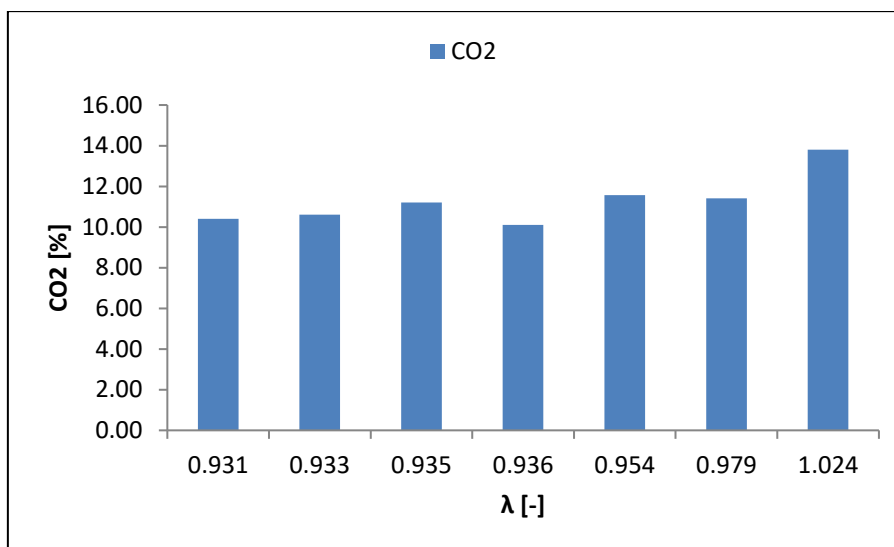
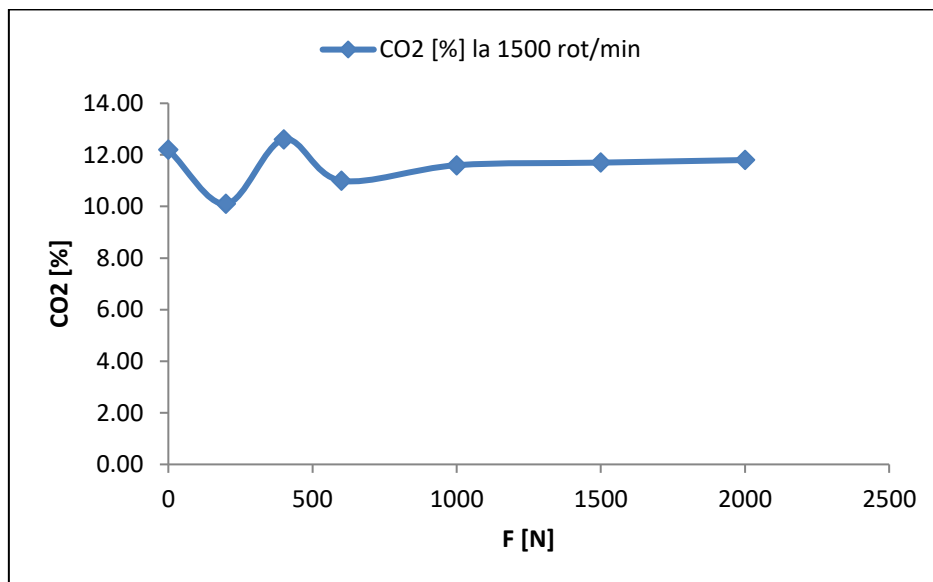


Fig.2.38. Variația CO<sub>2</sub> [%] la forță de încărcare de 200N, funcție de turație

Fig.2.39. Variația CO<sub>2</sub> [%] la forță de încărcare de 200N, funcție de lambda

Se poate observa cu ușurință faptul că emisiile de CO<sub>2</sub>, atât pe o plajă de turații cuprinsă între ralanti și 3500 rot/min, precum și pentru cazul valorilor în funcție de coeficientul excesului de aer, lambda, prezintă curbe cu tendințe de creștere. Până în jurul valorii de 2000 rot/min însă emisia de CO<sub>2</sub> prezintă valori relativ constante, dar odată cu creșterea turației, va crește și emisia de CO<sub>2</sub>.

Fig.2.40. Variația CO<sub>2</sub> [%] la 1500 rot/min pentru diferite valori ale forței de încărcare

Pentru cazul funcționării autovehiculului testat la forțe de încărcare de 200N respectiv de 2000N – încărcare realizată cu ajutorul stadiului dinamic cu role Maha – se poate observa cu ușurință faptul că emisia de CO<sub>2</sub> prezintă valori mult crescute

pentru cazul rulării la forța de încărcare de 2000N comparativ cu rularea la o forță de încărcare mai mică. Cu toate acestea, valorile rămân în limite legale. De menționat este faptul că vehiculului testat i s-au efectuat modificări de tip tuning atât la nivel mecanic cât și la nivelul electronic, cu scopul obținerii unor performanțe crescute. Consecințele pe care le-au adus aceste modificări asupra naturii gazelor evacuate – spre exemplu CO<sub>2</sub> – contribuie efectiv la producerea efectului de seră, aceasta fiind una dintre problemele de o importanță majoră a timpului prezent.

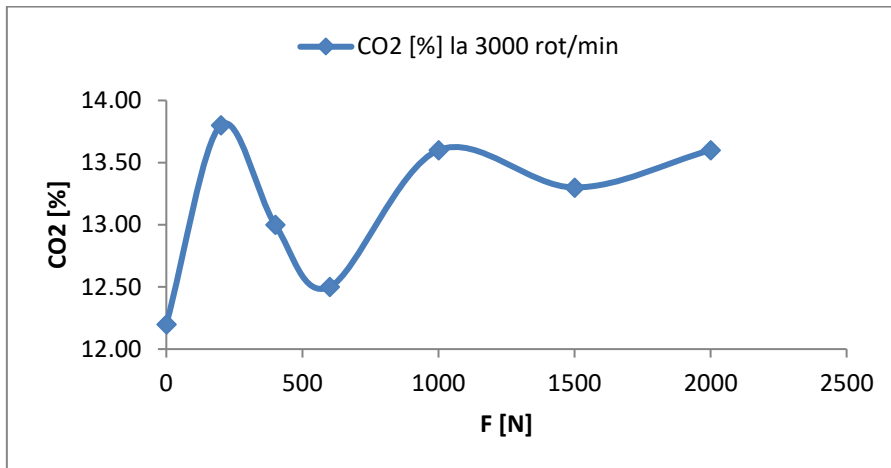


Fig.2.41. Variația CO<sub>2</sub> [%] la 3000 rot/min pentru diferite valori ale forței de încărcare

Odată cu trecerea timpului și cu creșterea „consumatorilor de combustibil”, figura 2.42 se poate observa și consecința privind emisiile de CO<sub>2</sub> de-a lungul timpului. Motoarele modificate care ating performanțe crescute comparativ cu cele standard sunt și ele una din cauzele creșterii emisiilor de CO<sub>2</sub> din atmosferă. Cu toate că soluțiile de reducere a gazelor cu efecte nocive rezultate în urma arderilor din camera de ardere sunt larg răspândite în lumea auto, utilizarea lor practică ajunge pe planul al doilea, primul plan fiind preluat de atingerea unor performanțe mult crescute.

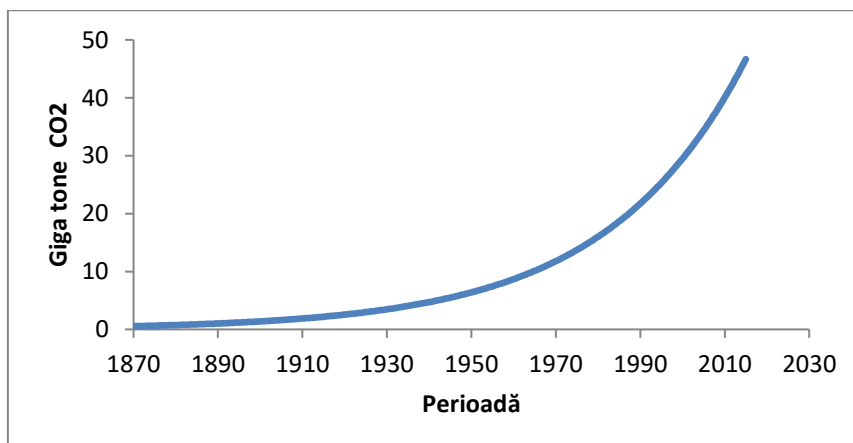


Fig. 2.42. Tendințele emisiilor de CO<sub>2</sub> rezultate în urma arderii combustibililor fosili



**2.7. Concluzii**

Rularea cu autovehicule modificate atât la nivelul elementelor mecanice precum și la nivelul unităților de comandă și control, prezintă avantaje și dezavantaje. Emisia de CO<sub>2</sub> – după cum s-a observat din graficele de mai sus, prezintă valori crescătoare odată cu creșterea forței de încărcare, însă valorile cantitative rămân înscrise în limitele legale, lucru avantajos și de remarcat. Din punct de vedere al performanțelor, aceste autovehicule își ating scopul, însă speciile emisiilor poluante trebuie monitorizate în vederea reducerii efectelor nocive pe care le produc.

Se dovedește din aceste grafice că trebuie limitată emisia de CO<sub>2</sub>, implicit gazele cu efecte de seră, aspect ce se poate realiza prin scăderea consumului de combustibil la autovehicule, sau apelarea la soluții precum combustibilii alternativi de combustibil cu mai puțini atomi de carbon în moleculă [9], [27].

### 3. STUDII TEORETICE ȘI EXPERIMENTALE PRIVIND REGLAJELE MOTOARELOR PRIN MODIFICAREA PARAMETRILOR DIN UNITATEA ELECTRONICĂ DE CONTROL

Motoarele autovehiculelor de astăzi sunt echipate cu echipamente mecanice precum și electronice, menite să aducă îmbunătățiri din punct de vedere al performanțelor. Reglajele efectuate motoarelor sunt realizate cu ajutorul și din unitatea electronică de comandă. Avantajele pe care le oferă aceste unități ating două planuri, și anume:

- Reducerea cheltuielilor – prin realizarea calculatoarelor de bord în laboratoare de testare, unde acestea sunt încercate în timp real, cu ajutorul programelor de simulare, se elimină astfel posibilele rebuturi, care implicit sunt costuri.
- Performanțe ridicate – datorită multitudinii de măsurători și încercări experimentale, realizate în laboratoarele de specialitate, erorile sunt eliminate până în proporții de peste 95%.

Totuși, elementele mecanice implicate în creșterea performanțelor autovehiculelor de astăzi, sunt solicitate din punct de vedere mecanic până spre limitele lor superioare.

Pentru a avea însă o analiză eficientă a performanțelor motoarelor de autovehicule, trebuie să analizăm cum este structurat sistemul de alimentare cu combustibil, precum și sistemul de aprindere. Limitările pe care le prezentau elementele mecanice sunt înlocuite astăzi de către sistemele electronice, care sunt mult mai performanțe și oferă o precizie mult mai mare. O schemă-bloc de motor cu aprindere prin scânteie este prezentată în figura 3.1. Această schemă ține cont de modificările funcționale și de procesele din interiorul camerelor de ardere, individualizate pe cilindrii.

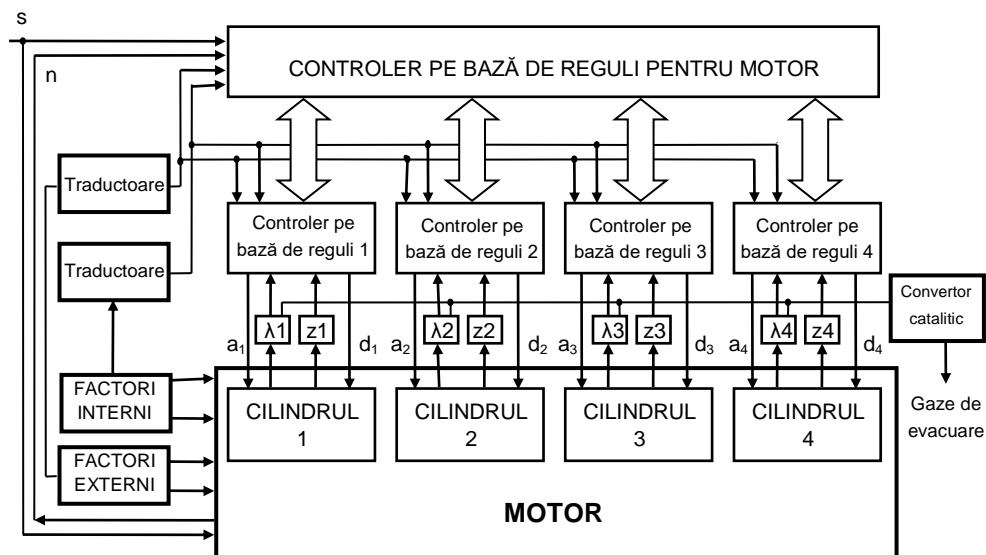


Fig. 3.1 Schemă bloc privind reglajele avansate asupra m.a.i.[85]

Acest avantaj este utilizat pentru un control optim al motorului autovehiculului privind consumul de combustibil și natura gazelor de evacuare. Implementarea acestui sistem s-a realizat, spre exemplu, odată cu analiza transferului termic la cilindrii motoarelor, care, pentru un motor cu patru cilindri în linie, răcirea este mai eficientă pentru cilindrii 1 și 4 (cei din exterior) comparativ cu cilindrii 2 și 3 (cei din interior). În aceste condiții, s-ar putea asigura un avans la aprindere mai mare, fără detonații, pentru cilindrii 1 și 4. Datorită probabilității răcirii diferite a cilindrilor, și uzurile apărute sunt altele decât pentru cilindrii 2 și 3, prin urmare și emisiile de gaze, dacă ar fi analizate individual pe cilindrii, ar fi diferite [85].

Două sunt sistemele pe care le vom prezenta și detalia, și anume, sistemul de injecție de benzină de la m.a.s (motor cu aprindere prin comprimare), și sistemul de aprindere [103].

### 3.1. Lucrul mecanic indicat și randamentul termodinamic indicat

Așa cum este bine știut, motoarele în patru timpi sunt caracterizate de două etape alternative, și anume: în prima etapă, pentru primii doi timpi, amestecul carburant este comprimat, apoi este declanșată scânteia, urmată de combustie, apoi destinderea. Cea de-a doua etapă, cea care corespunde timpilor trei și patru, are loc evacuarea și admisiunea de aer proaspăt pentru următorul ciclu. În figura 3.2 se prezintă o descriere a celor patru timpi în diagrama p-V.

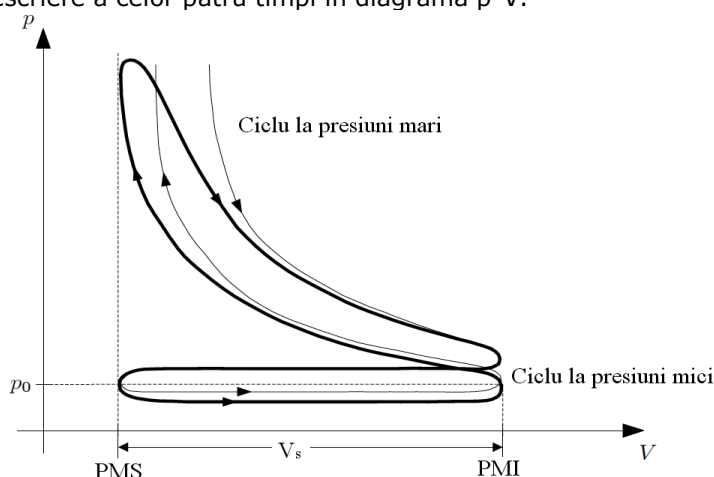


Fig. 3.2. Diagrama p-V pentru m.a.s [66]

La fiecare ciclu, arborele cotit face o rotație de  $360^\circ$ . La motoarele cu aprindere prin scânteie, cantitatea de aer și cantitatea de combustibil sunt bine dozate, în timp și ca mase. Odată admis amestecul carburant, și după declanșarea scânteii, va fi generat lucrul mecanic, care poate fi obținut și prin integrarea diagramei p-V. Lucrul mecanic indicat  $L_i$  poate fi calculat cu relația:

$$L_i = \frac{1}{V_s} \sum_{j=1}^{CYL} \oint (p_j(V_j) - p_0) dV_j \quad (3.1)$$

Unde

$V_s$  – cilindrarea

CYL – numărul de cilindri

$L_i$  – lucrul mecanic indicat

Valoarea lucrului mecanic indicat poate fi determinat și prin măsurarea presiunilor din cilindrii, în timpul ciclurilor. Ca referință, lucru mecanic indicat în  $J/cm^3$  este echivalent unei presiuni de 10 bar sau  $10^6$  Pa [32].

Modelul matematic utilizat pentru determinarea cuplului motor, plecând de la lucrul mecanic indicat, are la bază mai multe relații. Pentru o mai bună înțelegere a modelului matematic, prezentăm în figura 3.3 schematic pistonul, cilindrul și arborele cotit:

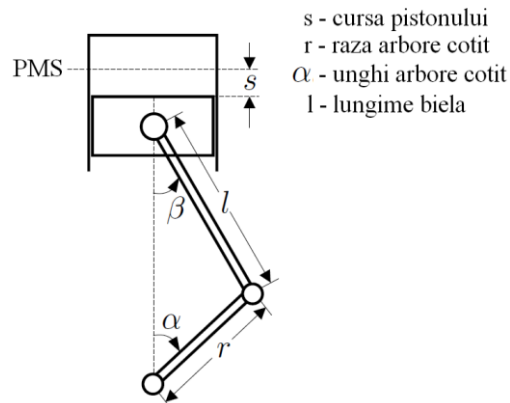


Fig. 3.3. Schemă funcțională piston/cilindru/bielă/arbore cotit [66]

Cursa pistonului de la PMS este dată de relația:

$$s(\alpha) = l(1 - \cos\beta) + r(1 - \cos\alpha) \quad (3.2)$$

Aplicând funcțiile trigonometriei pentru triunghiul din figura 3.3 (triunghi format de laturile  $l$ ,  $r$  și latura ce le unește pe acestea două), rezultă ecuațiile de mai jos:

$$l \sin\beta = r \sin\alpha \quad (3.3)$$

$$\cos\beta = \sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2\alpha} \quad (3.4)$$

Cursa pistonului devine:

$$s(\alpha) = r(1 - \cos\alpha) + \frac{l}{r} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2\alpha}\right) \quad (3.5)$$

În punctul mort superior avem  $s=0$  și  $\alpha=0$ , iar la punctul mort inferior avem  $\alpha=\pi$  și  $s=2r$ .

Derivatele cursei pistonului sunt:

$$\frac{ds}{d\alpha} = r \left( \sin\alpha + \frac{r}{l} \cdot \frac{\sin\alpha \cdot \cos\alpha}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2} \sin^2\alpha}} \right) \quad (3.6)$$

Și

$$\frac{d^2s}{d^2\alpha} = r \left( \cos\alpha + \frac{\frac{r}{l}(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) + \frac{r^2}{l^2}\sin^4\alpha}{\left(\sqrt{1 - \frac{r^2}{l^2}\sin^2\alpha}\right)^3} \right) \quad (3.7)$$

După aceste calcule, lucrul mecanic indicat  $L_i$  poate fi calculat astfel:

$$L_i = \frac{1}{V_s} \oint_{j=1}^{CYL} (p_j(\alpha) - p_0) A_p \frac{ds_j(\alpha)}{d\alpha} d\alpha = \frac{1}{V_s} \oint_{q\alpha}(\alpha) d\alpha \quad (3.8)$$

Unde

$$T_{q\alpha} = \oint \sum_{j=1}^{CYL} (p_j(\alpha) - p_0) A_p \frac{ds_j}{d\alpha} d\alpha \quad (3.9)$$

$T_{q\alpha}$  – cuplul motor al arborelui cotit (corespunzător unghiului  $\alpha$ ).

Valoarea medie a cuplului arborelui cotit (corespunzător unghiului  $\alpha$ ) este dată de relația:

$$\bar{T}_{q\alpha} = \frac{1}{4\pi} \oint_{\alpha} d\alpha = \frac{P_i}{\dot{\alpha}} \quad (3.10)$$

Unde  $P_i$  este puterea medie indicată. Pentru funcționarea motorului în regim staționar, acum putem scrie relația pentru lucrul mecanic indicat total, și anume:

$$L_i V_s = 4\pi \bar{T}_{q\alpha} = 4\pi \frac{P_i}{\dot{\alpha}} = \frac{4\pi P_i}{2\pi n} = \frac{2P_i}{n} \quad (3.11)$$

$$L_i = \frac{2P_i}{V_s n} \quad (3.12)$$

Unde  $n$  este reprezentă viteza motorului, în rot/min, și este dată de relația:

$$n = \frac{\dot{\alpha}}{2\pi} \quad (3.13)$$

Însă în realitate lucrul mecanic indicat, care reprezintă rezultatul unui calcul teoretic, este influențat de o serie de factori, care sunt greu de prevăzut, astfel fiind o diferență între lucrul mecanic efectiv și cel indicat.

Având acum aceste elemente, putem să determinăm randamentul efectiv al motorului,  $\eta_e$ :

$$\eta_e = \frac{P_e}{\dot{m}_c H_i} = \frac{L_e V_s n}{2m_c n H_i} \frac{2}{CYL} = \frac{L_e}{m_c H_i} \frac{V_s}{CYL} \quad (3.14)$$

Unde,

$P_e$  – puterea efectivă [W]

$L_e$  – lucru mecanic specific efectiv pe ciclu [J/cm<sup>3</sup>]

$m_c$  – cantitatea de combustibil, măsurată pe cilindru [kg]

$\dot{m}_c$  – cantitatea de combustibilului în unitatea de timp [kg/s]

$H_i$  – puterea calorifică inferioară a combustibilului [J/kg]

Randamentul efectiv indicat, fără a ține seama de pierderile prin frecare, este:

$$\eta_i = \frac{L_i}{m_c H_i} \frac{V_s}{CYL} \quad (3.15)$$

Tabelul 3.1 sunt prezentate valori ale lucrului mecanic indicat pentru motoarele care utilizează ca și combustibili benzine și motorine, precum și căldura pierdută reală și teoretică, în urma procesului de combustie.

Tabel 3.1 Lucrul mecanic indicat, și pierderile de căldură reale și teoretice

Caracteristici \ Tip motor	Motor cu aprindere prin scânteie	Motor cu aprindere prin comprimare
Lucrul mecanic indicat $L_i$	33-35%	40-43%
$Q_{\text{real pierdută}}$	37-44%	35-40%
$Q_{\text{teoretic pierdută}}$	23-28%	22-25%

### 3.2. Tensiunea pe injector, amestecul carburant aer/combustibil și sondele de oxigen lambda

Modelul matematic oferă soluții teoretice pentru calcularea parametrilor unui motor, așa cum s-a arătat în paragraful 3.1, a lucrului mecanic indicat. Însă variațiile altor parametrii, cum ar fi temperatura, presiunea, etc., aduc cu ele modificări ale valorilor rezultate din calculele teoretice.

Cantitatea de aer și de combustibil necesare arderii, și implicit funcționarea motorului în parametrii nominali, depind de mai mulți factori. Primul și cel mai important factor, este cel uman, conducătorul auto. Odată ce autovehiculul demarează, regimurile de funcționare la care este supus motorul variază foarte mult. Două sunt situațiile după care se poate clasifica funcționarea motorului: urban și extraurban. S-a realizat și o a treia situație la care poate fi solicitat motorul, și anume competițiile sportive. În aceasta ultimă situație, funcționarea motorului trece într-un alt domeniu, și anume cel al motoarelor supra turate, care este foarte atractiv, oferind o serie de situații care se cer a fi rezolvate într-un timp foarte scurt.

#### 3.2.1. Tensiunea pe injector

Autovehiculul supus cercetărilor experimentale este un motor cu aprindere prin scânteie, ce echipează autovehiculele din gama Dacia-Renault.

Este cunoscut, din studiile de specialitate, că injecția de combustibil se face la un anumit timp și este de o anumită durată. Injecția directă de combustibil a evoluat foarte mult în ultimi ani, prezentând avantaje majore cu privire la creșterea performanțelor autovehiculelor. Astfel, injectorul care este un dispozitiv electromecanic, este alimentat cu 12 V de la o sursă, din momentul în care motorul este pornit. Un exemplu de curba tipică pentru injecția de combustibil, în care pe axa Ox este timpul în [ms], iar pe axa Oy tensiunea în [V], este prezentată în figura 3.4.

Cercetările experimentale realizate în cadrul laboratorului de Dinamica Autovehiculelor, din cadrul Facultății de Mecanică, Universitatea Politehnică din Timișoara, au făcut posibilă măsurarea în timp real a injecției de combustibil pentru un m.a.s. A fost utilizat un osciloscop, cu ajutorul căruia au putut fi urmărite evoluțiile curentului de la bujie și a tensiunii injectorului pentru un singur piston.

Așa cum se poate observa, asemănările dintre cele două curbe, cea teoretică (figura 3.4) și cea reală (figura 3.5), măsurată în cadrul Laboratorului de Dinamica Autovehiculelor Timișoara, sunt remarcabile. Momentul injecției este decis și bine ales de către ECU în funcție de o serie de parametrii – cel mai important fiind poziția pistonului – printre care poziția pedalei de accelerație, implicit poziția clapetei de accelerație, presiunea din colectorul de admisie, temperatura aerului admis, etc., urmând ca timpul de injecție să fie modificat. Astfel la ralanti, tensiunea

pe injector va fi mult mai mică comparativ cu situațiile în care se ating turații de 4000 – 6000 rot/min, dar trebuie ținut cont și de sarcina motorului. De asemenea, și durata în mili secunde a injecției va fi mult mai mică/scurtă comparativ cu funcționarea motorului la ralanti.

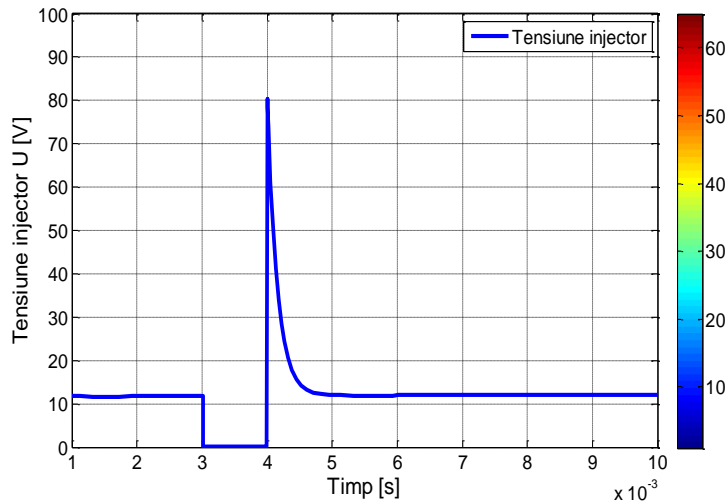


Fig. 3.4. Variația tensiunii pe injector – caz obținut prin simulare

Pentru validarea și compararea cercetărilor experimentale cu cele teoretice, s-a realizat un model de simulare, cu ajutorul programului MATLAB/Simulink (figura 3.6.), în varianta de soft original, cu licență, model în care au fost puse în evidență curentul în injector și tensiunea de pe injector.

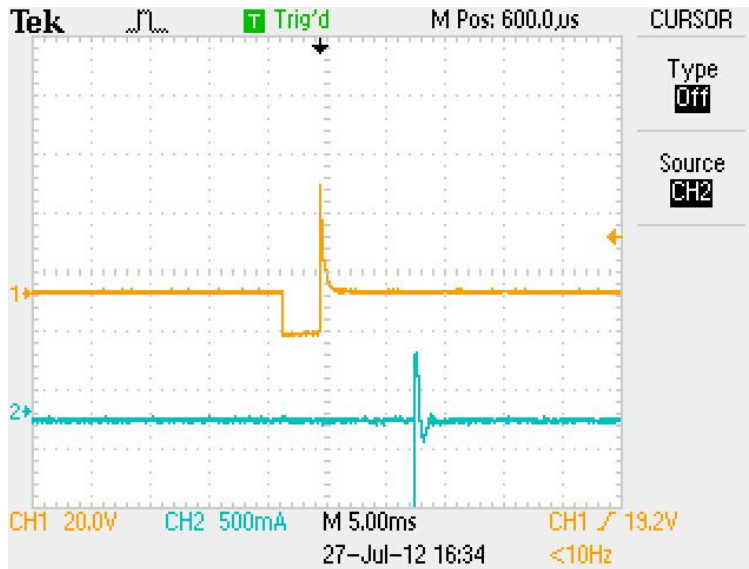


Fig. 3.5. Variație tensiune și curent de pe bujie

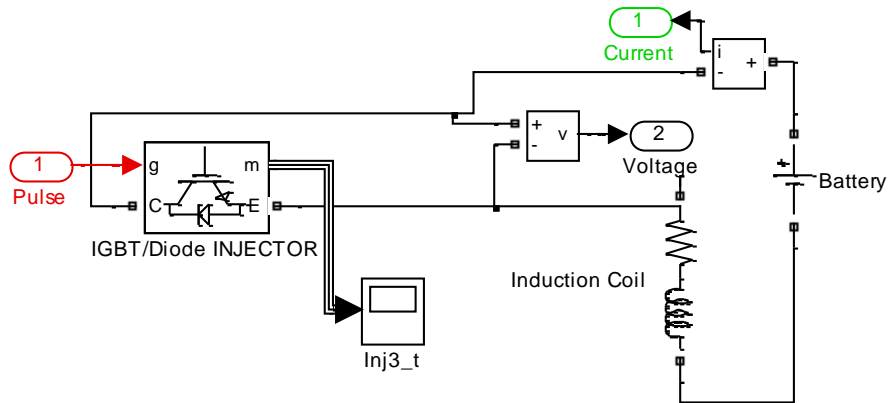


Fig. 3.6. Model MATLAB/Simulink pentru tensiune injector și curent injector

Forma generată de modelul de simulare pentru curentul de pe bujie este redat în figura 3.7, unde de asemenea se poate observa și semnalul PWM generat special pentru controlul timpului de injecție [56], despre care se va detalia în capitolele următoare.

În urma achizițiilor de semnale de pe motorul testat și a procesării acestora cu ajutorul programului de simulare, în figura 3.8 se prezintă variația tensiunii pe injectorul nr.1.

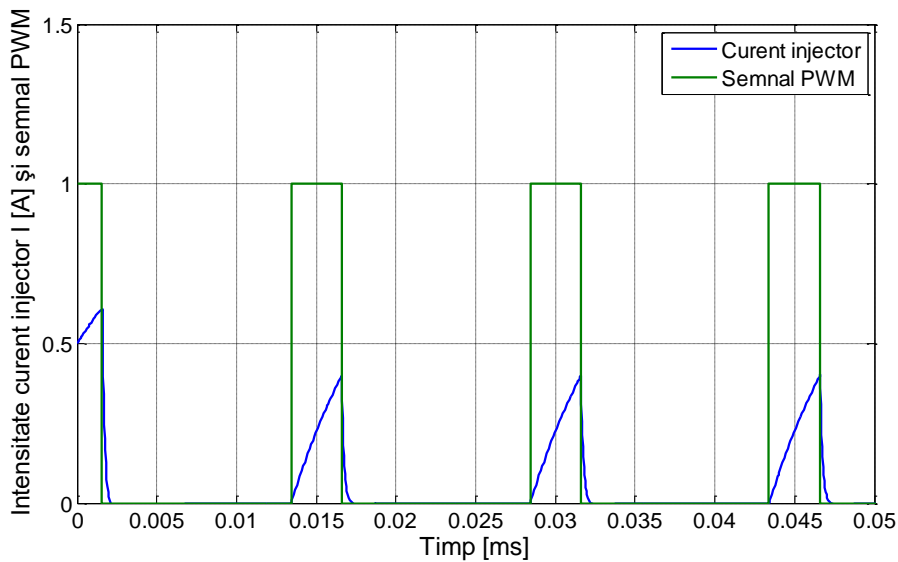


Fig. 3.7. Curent injector și semnal de comandă generat PWM



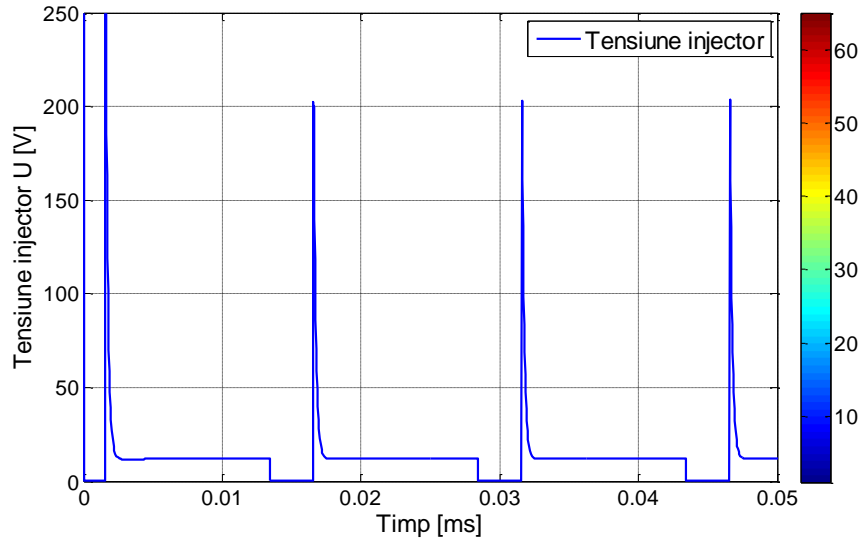


Fig. 3.8. Tensiunea pe injector – simulare din reale

Tabel 3.2 Date achiziție DDT 2000

Timp	Temperatura agent răcire $T_a$ (°C)	Tensiune pe baterie $U_b$ (V)	Tensiune sondă oxigen amonte $U_{sam}$ (mV)	Tensiune sondă oxigen aval $U_{sav}$ (mV)	Turație $n$ (rot/min)	Viteza vehicul $v$ (km/h)
0,00	96,88	14,05	390,40	126,88	751	0
1,75	96,25	13,98	780,80	126,88	742	0
2,64	96,25	14,08	917,44	136,64	761	0
3,45	96,25	14,05	722,24	732,00	1750	0
4,32	96,25	14,05	409,92	761,28	1678	6
5,20	96,25	14,05	878,40	76,00	1176	16
6,04	96,25	14,05	829,60	868,64	1300	25
7,79	95,63	14,08	790,56	790,56	1913	36
8,66	95,63	14,05	732,00	780,80	2112	39
9,48	95,63	14,08	9,76	732,00	1601	38
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
11,17	95,00	14,05	29,28	87,84	1923	24
12,01	95,00	14,11	39,04	87,84	1734	22
13,70	95,00	14,02	829,60	97,60	1778	23
14,55	94,38	14,14	897,92	146,40	2244	26
15,39	94,38	14,08	819,84	858,88	2791	34
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
32,62	94,38	14,14	771,04	605,12	3263	107
33,44	94,38	14,14	244,00	663,68	3330	111
34,24	95,00	14,18	702,72	673,44	3381	110
35,08	95,00	14,14	292,80	692,96	3456	115
36,76	95,00	14,11	341,60	712,48	3598	120
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
96,37	106,25	14,11	68,32	790,56	5251	172
97,22	106,25	14,18	58,56	761,28	5179	172
98,08	106,25	14,18	9,76	58,56	5016	165
99,82	106,25	14,18	0,00	0,00	4669	154
100,69	106,25	14,14	0,00	0,00	4504	148

Rezultatele în urma simulărilor au condus la concluzia că măsurătorile realizate cu ajutorul osciloscopului sunt veridice, precum și sincronizarea acestora cu literatura de specialitate [2]. Avantajele pe care le oferă simulările realizate în MATLAB/Simulink, sunt completate de către un alt software dedicat, DDT2000 [25], cu ajutorul căruia se pot achiziționa și modifica parametrul motorului, implicați în procesul de combustie al m.a.s.-lor (anexele 1 - 2), prin urmare un element cu ajutorul căruia pot fi modificați parametrul în vederea creșterii performanțelor motoarelor și nu numai. Spre exemplu se pot adăuga funcții noi, cum ar fi Start&Stop, softul permițând prototipare, testare și reglare. Reglajele realizate cu ajutorul softwareului DDT2000, sunt la nivelul marilor producători de autovehicule, acest software fiind dedicat grupului Dacia-Renault-Nissan. Mai mult decât reglajele realizate, software-ul DDT2000 este utilizat pentru programarea unităților electronice de comandă și control din dotarea autovehiculelor, plecând de la ECU de bord, la calculatorul ce echipează sistemele auxiliare din dotarea acestora [104]. Tabelul 3.2 prezintă selectiv date înregistrate cu programul DDT2000.

Software-ul DDT2000 a fost utilizat pentru înregistrarea datelor realizându-se o serie de măsurători și achiziții de date în vederea modificării parametrilor implicați în creșterea performanțelor autovehiculelor, figura 3.9 prezentând o imagine de ansamblu a ferestrei programului DDT2000.

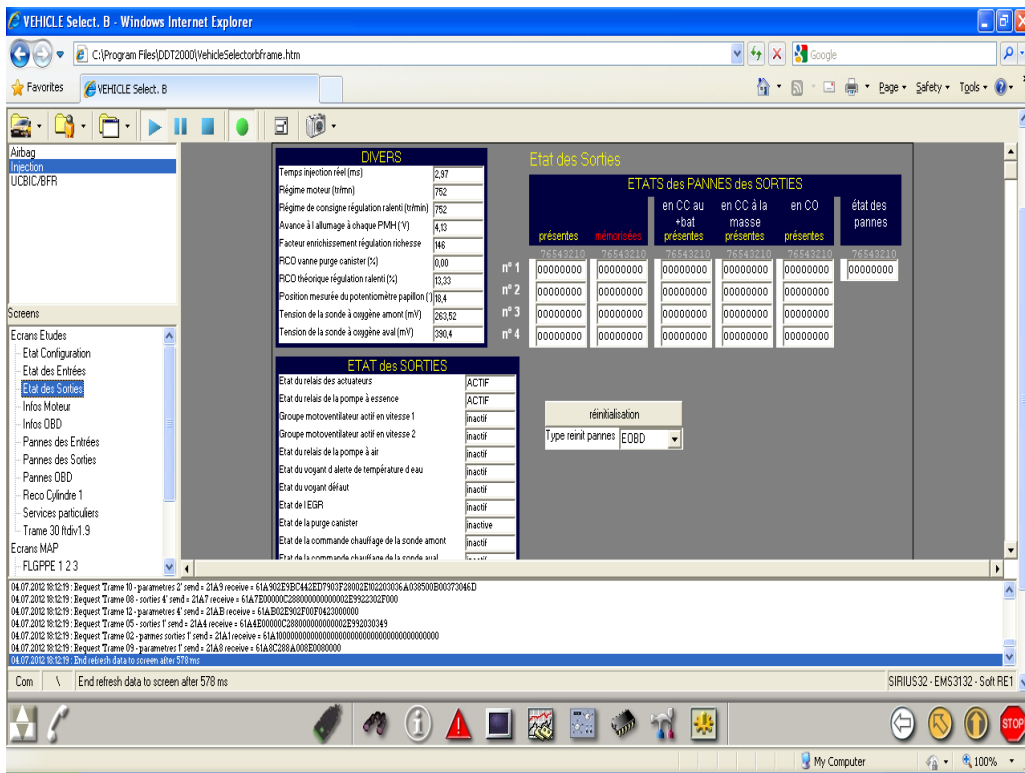


Fig. 3.9. Imagine pre-visualizare software DDT2000

### 3.2.2. Amestecul carburant aer/combustibil și sondele de oxigen (lambda)

Modificările de parametrii pot fi realizate în foarte multe moduri. Cel mai utilizat este cel cu ajutorul ECU-lui, asupra căruia se intervine cu ajutorul software dedicate. Însă o alta soluție aplicată este cea a unităților de control emulabile (parametrizabile) / programabile.

Un astfel de echipament a fost utilizat și în cadrul prezentei teze de doctorat. Autovehiculul supus cercetărilor experimentale este un motor cu aprindere prin scânteie, supraalimentat, fiind adaptat corespunzător curselor auto, atât la nivel național cât și internațional.

Echipamentul implică o unitate de control programabilă, denumită MSQ, care se conectează prin mufa OBD la ECU al autovehiculului, iar cu ajutorul unui software se monitorizează variația parametrilor.

Unul dintre parametri importanți monitorizat a fost amestecul carburant, denumit AFR (Air Fuel Ratio). Coeficientul excesului de aer,  $\lambda$ , este elementul de referință în acest caz. Coeficientul  $\lambda$  se știe că variază, pentru m.a.s-uri, între limitele 0.6 și 1.5, valoarea  $\lambda=1$  fiind cea pentru valoarea stoechiometrică.

$$\lambda = \frac{m_a}{L_{min}m_c} \quad (3.16)$$

Unde,

$m_a$  – masa aerului [ $kg_a/ciclu$ ]

$L_{min}$  – Lucrul mecanic minim [J]

$m_c$  – masa combustibilului [ $kg_c/ciclu$ ]

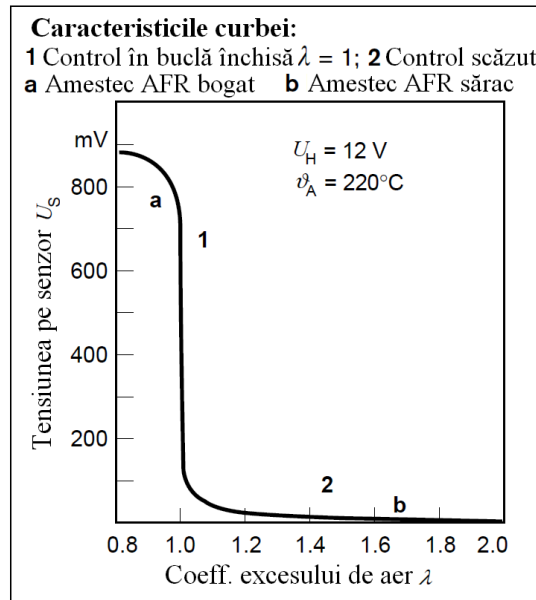


Fig. 3.10. Variație teoretică a coeficientului excesului de aer  $\lambda$

Programele de simulare permit însă o analiză mai profundă, și care poate lua în considerare nu doar situațiile teoretice, ci bazându-se pe date achiziționate în timp real de pe autovehiculul testat. Acest lucru a fost realizat pentru această teză

de doctorat, prin urmare a fost analizată și variația tensiunii generată de sonda de oxigen pentru motorul testat K7J 1.4 MPI, Dacia Logan. S-a realizat un model de simulare cu ajutorul programului MATLAB/Simulink, în care au fost procesate date de achiziție preluate cu ajutorul programului dedicat DDT2000. Schema modelului este prezentată în figura 3.11, precum și curba lambda rezultată în urma simulării (figura 3.12).

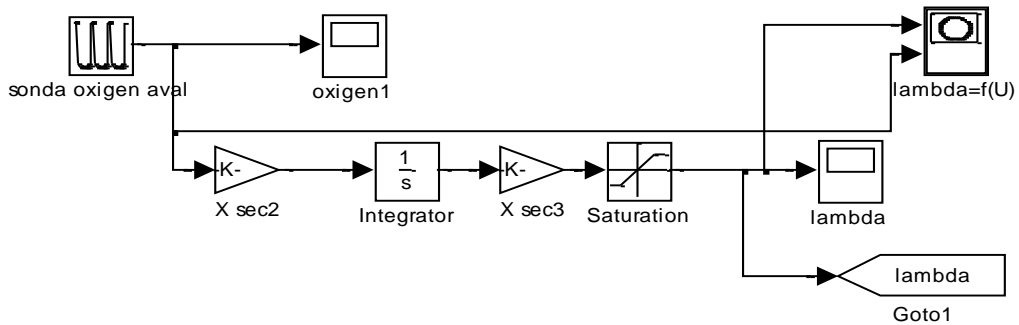


Fig. 3.11 Modelare MATLAB/Simulink pentru lambda funcție de tensiune

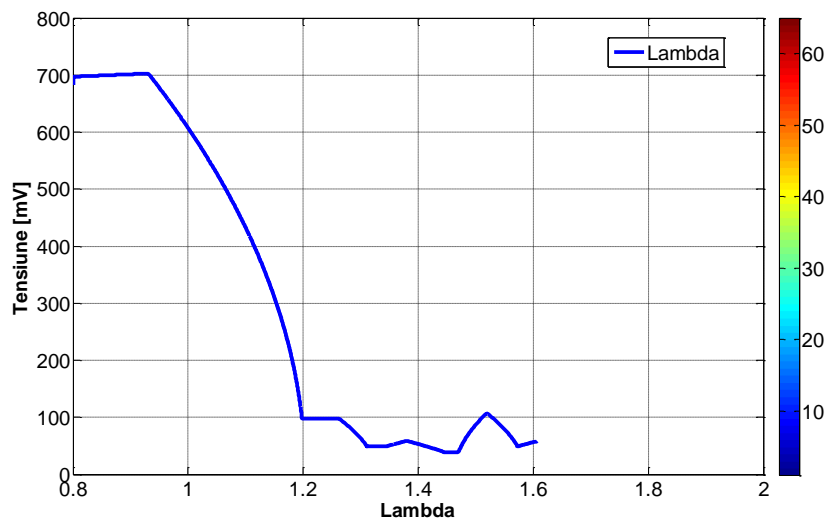


Fig. 3.12. Grafic lambda f(U) – date reale achiziționate de pe vehiculul testat

Cercetările experimentale realizate în cadrul laboratorului de Dinamica Autovehiculelor, au condus la o serie de concluzii cu privire la reglajele realizate asupra motorului autovehiculului, privind creșterea performanțelor și natura gazelor evacuate. Primii pași în realizarea acestui scop au fost cei de natura mecanică, și anume realizarea unui motor-tuning, care a implicat înlocuirea galeriei de admisie, a

### 3.2. – Tensiunea pe injector, amestceul carburant și sondele de oxigen lambda 81

galeriei de evacuare, echiparea cu intercooler, o nouă turbosuflantă, noi senzori, cum ar fi, senzorul MAT (Manifold Absolute Temperature = senzorul de temperatură din galeria de admisie), senzorul MAP (Manifold Absolute Pressure = senzorul de presiune din galeria de admisie), senzorul AFR (o sondă lambda bandă largă care prezintă caracteristici tehnice ridicate comparativ cu o sondă lambda din echiparea standard a autovehiculelor), senzor pentru determinarea timpilor de injecție (Duty Cycle), pulse width – durata impulsului injecției, Spark advance – avansul la aprindere, etc.

După efectuarea reglajelor de natură mecanică, a fost realizată conectarea unității electronice de control programabilă MSQ cu ECU al autovehiculului, iar prin software dedicat, s-a realizat verificarea tuturor echipamentelor noi. Figura 3.13 prezintă o imagine de ansamblu a programului MegaLog Viewer.

Acest sistem de gestiune al senzorilor reușește să creeze noi limite între care să varieze valorile parametrilor, care odată modifi cați duc la creșterea performanțelor motorului.

Corespunzător valorilor lambda, se poate face conexiunea cu AFR, printr-un tabel de conversie (Tabelul 3.3):

Tabel 3.3. Conversie lambda / AFR

Lambda	AFR	Lambda	AFR	Lambda	AFR
0,60	8,82	0,81	11,9	1,02	15,0
0,61	8,97	0,82	12,1	1,03	15,1
0,62	9,11	0,83	12,2	1,04	15,3
0,63	9,26	0,84	12,4	1,05	15,4
0,64	9,41	0,85	12,5	1,06	15,6
0,65	9,56	0,86	12,6	1,07	15,7
0,66	9,70	0,87	12,8	1,08	15,9
0,67	9,85	0,88	12,9	1,09	16,0
0,68	10,0	0,89	13,1	1,10	16,2
0,69	10,1	0,90	13,2	1,11	16,3
0,70	10,3	0,91	13,4	1,12	16,5
0,71	10,4	0,92	13,5	1,13	16,6
0,72	10,6	0,93	13,7	1,14	16,8
0,73	10,7	0,94	13,8	1,15	16,9
0,74	10,9	0,95	14,0	1,16	17,1
0,75	11,0	0,96	14,1	1,17	17,2
0,76	11,2	0,97	14,3	1,18	17,4
0,77	11,3	0,98	14,4	1,19	17,5
0,78	11,5	0,99	14,6	1,20	17,6
0,79	11,6	1,00	14,7		
0,80	11,8	1,01	14,9		



elemente, care raportate una la cealaltă, ca mase teoretice, ne vor conduce la raportul stoichiometric pentru benzine, și anume  $L_{st}$ .

200	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.9
174	12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9	12.0
149	12.4	12.4	12.3	12.3	12.3	12.2	12.2	12.2	12.2	12.1	12.1	12.2
123	12.5	12.5	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	12.3	12.1	12.1	12.1	12.4
109	12.9	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.5	12.4	12.4	12.6
95	13.4	13.4	13.3	13.4	13.4	13.4	13.3	13.1	12.8	12.7	12.6	12.8
83	14.1	14.0	14.1	14.2	14.2	14.2	14.1	13.7	13.2	13.1	13.0	13.1
70	14.1	14.1	14.2	14.5	14.6	14.7	14.5	14.1	13.7	13.5	13.5	13.4
58	14.0	14.0	14.2	14.7	14.9	15.0	14.8	14.5	14.2	13.9	13.8	13.7
46	14.0	14.0	14.2	14.7	14.9	15.0	14.8	14.5	14.2	14.1	14.1	13.9
40	14.0	14.0	14.2	14.7	14.9	15.0	14.8	14.5	14.2	14.2	14.2	14.0
20	11.3	11.3	11.5	12.0	12.1	12.1	12.0	11.8	11.5	11.5	11.5	11.3
	500	818	1136	1454	1772	2181	2818	3454	4136	5090	5500	7000

Fig. 3.15. Prezentare generală tabel de valori Mega Log Viewer pentru monitorizarea variației avansului

$$L_{st} = \frac{m_{a,t}}{m_{c,t}} = 14.66 \tag{3.21}$$

$L_{st}$  – raportul stoichiometric

Un calcul teoretic pentru determinarea masei de aer admisă din camera de ardere presupune un volum  $V_c$ , volumul camerei de ardere, la o presiune  $p_0=1.013$  bari, și o densitate a aerului de  $\rho=1.29$  kg/m<sup>3</sup>, valori care ne conduc la relația pentru masa de aer teoretică:  $m_{a,t}=\rho_0V_c$  [35]. Însă valoarea aceasta este una teoretică, dar în realitate trebuie ținut cont și de toate efectele menționate mai sus. Prin urmare, raportul dintre masa de aer reală și cea teoretică ne vor oferi valoarea unui lambda aer:

$$\lambda_a = \frac{m_a}{m_{a,t}} \tag{3.22}$$

Folosind același raționament și pentru cantitatea de combustibil, avem:

$$\lambda_c = \frac{m_c}{m_{c,t}} \tag{3.23}$$

Astfel lambda pentru amestecul aer-combustibil devine:

$$\lambda = \frac{\lambda_a}{\lambda_c} \tag{3.24}$$

$$\lambda = \frac{m_a}{m_c} \frac{m_{c,t}}{m_{a,t}} = \frac{1}{L_{st}} \frac{m_a}{m_c} \tag{3.25}$$

Pentru o combustie ideal stoichiometrică, valoarea coeficientului excesului de aer trebuie să fie egală cu unu,  $\lambda=1$ . Anterior s-a prezentat lucrul mecanic efectiv și randamentul termodinamic, parametrii care sunt influențați de către acest



lambda, care ține seama de masa de aer și de masa de combustibil [84]. Variind una dintre aceste două elemente, masa de aer sau masa de combustibil, consecințele sunt remarcabile, atât pe planul energetic al motorului, cât și în planul emisiilor evacuate de către autovehicul. Prin urmare avem două situații:

- 1) Variația lui  $\lambda_a$  pentru o valoare a lui  $\lambda_c$  "dată", valoare care ține cont de conducătorul auto.
  - a. Funcționare cu amestec sărac ( $\lambda > 1$ ) – o mai mare cantitate de aer este admisă pentru combustie, comparativ cu valoarea stoechiometrică. Prin urmare lucrul mecanic la presiuni ridicate va crește, pe când lucrul mecanic la presiune scăzută va rămâne constant. Atât lucrul mecanic efectiv cât și randamentul termodinamic vor crește, iar datorită unei cantități mai mici de benzină, și arderea este mai puțin inflamabilă.
  - b. Funcționarea cu amestec bogat ( $\lambda < 1$ ) – o mai puțină cantitate de aer este admisă pentru combustie, comparativ cu valoarea stoechiometrică. Prin urmare atât lucrul mecanic efectiv cât și randamentul termodinamic vor scădea. Vor rezulta arderi incomplete urmate de creșteri ale hidrocarburilor.
- 2) Variația lui  $\lambda_a$  pentru o valoare a lui  $\lambda_a$  "dată", valoare care ține cont de conducătorul auto.
  - a. Funcționare cu amestec sărac ( $\lambda > 1$ ) – mai puțin combustibil este injectat în camera de ardere decât cantitatea necesară pentru valoarea stoechiometrică. Datorită funcționării la o presiune scăzută, scade și lucrul mecanic efectiv. Pentru o valoare a lui  $\lambda = (1, 1.1)$ , randamentul termodinamic crește oricum, datorită temperaturilor mari rezultate în urma combustiei, însă vor crește valorile pentru  $\text{NO}_x$ . Dacă se continuă funcționarea motorului cu amestec sărac, deci lambda va crește mult peste valoarea unu, randamentul termodinamic va scădea datorită scăderii presiunii ridicate de funcționare.
  - b. Funcționarea cu amestec bogat ( $\lambda < 1$ ) – o mai mare cantitate de combustibil este introdusă în camera de ardere decât cantitatea necesară pentru valoarea stoechiometrică. Surplusul de combustibil va conduce la creșterea presiunii de lucru precum și a lucrului mecanic. La valori mai mici de 0.9 pentru lambda vor rezulta arderi incomplete, prin urmare creșterea cantității de HC în gazele de evacuare, precum și scăderea lucrului mecanic efectiv. Randamentul termodinamic prezintă întotdeauna valori scăzute în cazul funcționării cu amestec bogat.

Literatura de specialitate [66] oferă soluții teoretice cu privire la natura lucrului mecanic efectiv precum și a randamentului termodinamic, plecând de la  $\lambda_a$  și  $\lambda_c$ , fiind reprezentate în figura 3.16.

În realitate însă curbele din figura de mai sus prezintă aproximativ aceleași valori și aceleași puncte ( punctele de la 1 la 4); situația reală însă va ține cont și de factorii perturbatori (vibrațiile, efectele modificărilor termice ale materialelor pieselor componente, etc.), elemente care vor genera curbele din figura de mai jos. Evoluțiile valorilor coeficientului excesului de aer, lambda, pentru combustibil și pentru aer, au fost realizate bazându-se pe valorile reale achiziționate de pe vehiculul supus testării pentru această teză de doctorat, valorile fiind achiziționate cu ajutorul unui program dedicat.



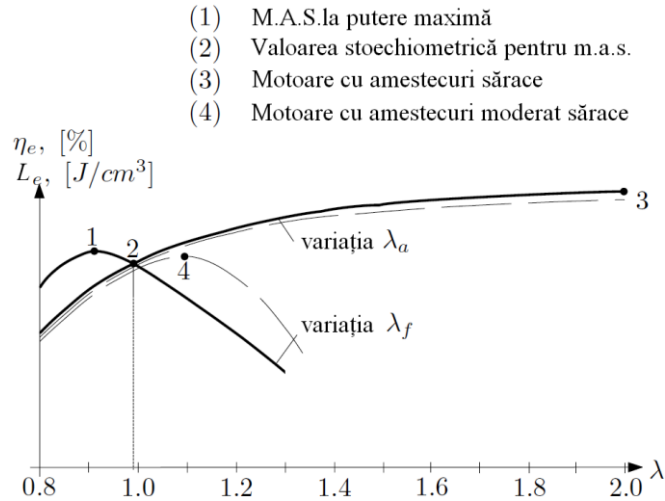


Fig. 3.16. Lucrul mecanic efectiv și randamentul efectiv funcție de  $\lambda_a$  și  $\lambda_c$  ( $\lambda_c = \lambda_f = \text{lambda fuel}$ )

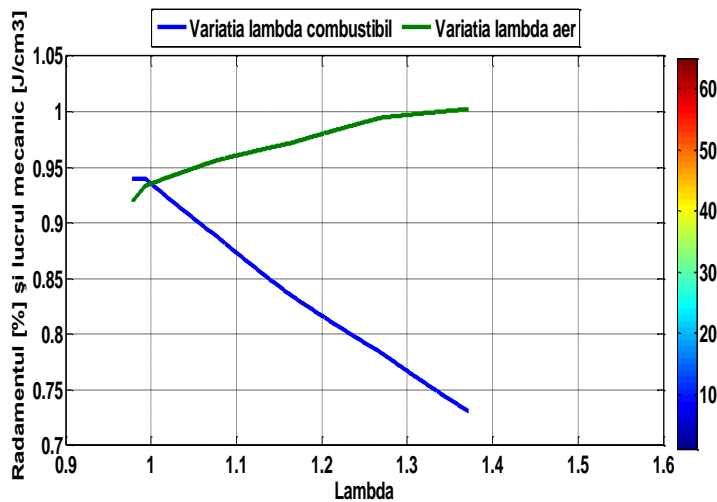


Fig. 3.17. Lucrul mecanic și randamentul termodinamic funcție de  $\lambda_a$  și  $\lambda_c$  – simulare utilizând date reale

### 3.2.3. Amestecul carburat și întârzierea la aprindere după legea lui Arrhenius

Este cunoscut faptul că arderea din interiorul cilindrului este o reacție chimică dintre moleculele combustibilului și ale aerului, realizată la anumite condiții de presiune și temperatură, molecule care „se lovesc” unele de altele [97]. Această coliziune dintre molecule a fost descrisă de cercetătorul suedez Savante Arrhenius, acesta descriind practic legea lui Arrhenius:

$$A = e^{\frac{-E}{RT_{medie}}} \quad (3.26)$$

Întârzierea la aprindere,  $\tau_{id}$ , care este un timp, reprezentată pe axa Y, și temperatura T, reprezentată pe axa X, sunt legate de parametrul  $p$  care este

presiunea. Acest timp de întârziere este redus pentru cazul funcționării motorului la presiuni și temperaturi ridicate. Variația curbelor de presiune sunt astfel implicate direct în variația performanțelor energetice ale motoarelor, figura 3.18 descriind practic, cu ajutorul modelărilor MATLAB/Simulink, evoluțiile timpilor de întârziere la aprindere funcție de temperatură, prin evoluțiile presiunilor la diferite valori ale acestora. Ecuația de bază utilizată în aceste curbe de presiune este cea de mai jos, având la bază ecuația lui Arrhenius.

$$\tau_{id} = 0.44 \cdot e^{\frac{4650 \cdot K}{T_{medie}} \left( \frac{p}{p_0} \right)^{-1.19}} \quad (3.27)$$

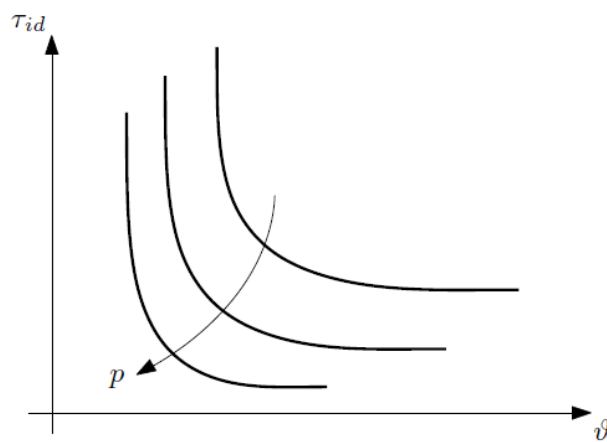


Fig. 3.18 Întârzierea la aprindere ( $\tau_{id}$ ) și temperatura pentru diferite valori ale presiunilor - situația teoretică

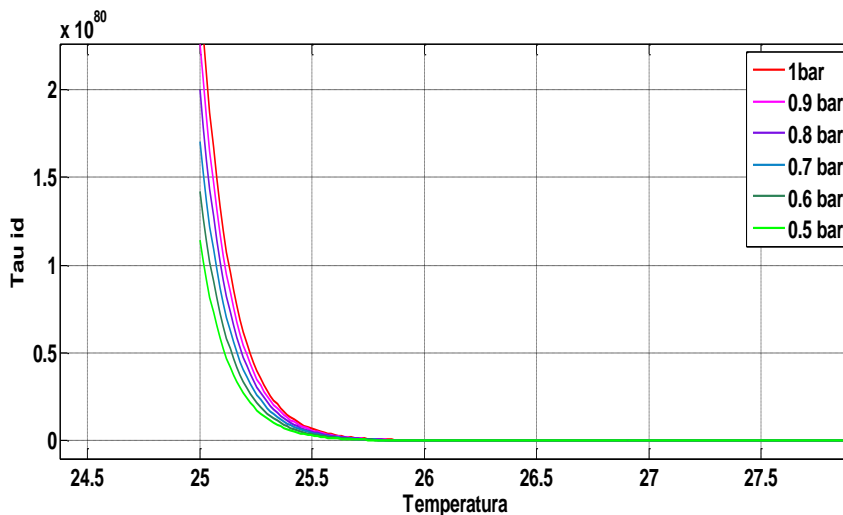


Fig. 3.19. Întârzierea la aprindere ( $\tau_{id}$ ) și temperatura pentru diferite valori ale presiunilor – situația reală

### 3.3. Concluzii

Cercetările experimentale realizate asupra vehiculelor testate, precum și simulările realizate cu ajutorul programului MATLAB/Simulink, ne conduc la afirmarea faptului ca modificările parametrilor, realizate cu ajutorul ECU programabile – pentru motorul Volvo 440 Turbo, ce echipează vehiculul marca Renault – permit o creștere a puterii motorului categorică, dovadă fiind curbele de valori înregistrate pe standul dinamic cu role LPS 3000, creșterile fiind liniare, pentru rularea motorului la 3500 rot/min.

Simulările privind variațiile tensiunilor pe injector precum și a curentului de la bujie – pentru vehiculul marca Dacia – bazându-se pe date achiziționate în timp real de pe vehicul, certifică veridicitatea acestora prin comparația cu literatura de specialitate din domeniu.

Dovadă este evoluția, spre exemplu, coeficientului excesului de aer, lambda, unde se poate observa că, pentru situația noastră, care are în vedere și factorii perturbatori, care pentru situația ideală se neglijează, variația tensiunii pe injector nu mai atinge valoarea teoretică pe axa Oy de 800 mV ci doar de 700mV, urmare a problemelor care apar la funcționarea motoarelor în mmodul real, spre exemplu perturbațiile, comparativ cu funcționarea teoretică.

## **4. Cercetări experimentale privind influența reglajelor asupra performanțelor motoarelor cu aprindere prin scânteie**

Motoarele cu ardere internă implică o serie de procese, care se desfășoară în anumite condiții, cum ar fi: presiuni ridicate ale amestecului carburant admis, temperaturi ridicate ale gazelor de evacuare, succesiunea de cicluri realizată în unități de timp de ordinul milisecundelor, etc., fenomene care duc la punerea în mișcare a autovehiculului. Monitorizarea acestora, analiza și studiul în vederea îmbunătățirii proceselor, au condus la variația tehnologiei de-a lungul istoriei. Astfel, soluția privind pulverizarea amestecului carburant pe traseul de admisie sau direct în interiorul camerei de ardere, își are origini încă de pe vremea lui Rudolf Diesel, care, analizând și încercând să rezolve aceasta problemă, a condus spre realizarea injectorului. Autovehiculele electrice au luat naștere ca urmare a cercetărilor realizate de inginerii mecanici, IT și electroniști în vederea creării unei alternative la autovehiculele termice, care să fie mai facilă în exploatare, și a fost atins și acest țel.

Astăzi, evoluțiile tehnologice își au originile în laboratoarele de testare și de încercări, unde elementele mecanice se leagă cu cele electronice și cu cele de automată și calculatoare, dezvoltându-se astfel echipe de cercetători care îndeplinesc același țel.

Pentru realizarea măsurătorilor experimentale au fost necesare studii teoretice, precum și o serie de încercări cu scopul de a realiza țelul propus, și anume creșterea performanțelor autovehiculelor care utilizează ca surse de energie, combustibilii clasici: benzinele și motorinele. Pentru acest lucru au fost alese vehiculele de testare, menționând faptul că atenția cercetărilor a fost în special asupra motoarelor cu aprindere prin scânteie.

Combustibilii utilizați de către motoarele termice sunt rezultatul unor mixturi de hidrocarburi din diferite grupe  $C_xH_y[O_y]$  [107]. În urma reacțiilor chimice, acestea pot duce la structuri diferite ale combustibililor, proprietățile acestora având consecințe diferite în cazul arderilor din camera de ardere.

Acest capitol prezintă cercetările experimentale efectuate asupra unui motor de serie, ce echipează LOGAN Dacia. Se menționează faptul că reglajele realizate asupra motorului de serie vizează o creștere a puterii efective și a momentului motor efectiv de câteva procente, de asemenea urmărindu-se și variația consumului de combustibil, încercându-se reducerea consumului de combustibil pe cât posibil. Desigur, se prevede și situația pentru care odată cu creșterea performanțelor energetice ale motorului să crească și consumul de combustibil.

### **4.1. Măsurători experimentale realizate în laboratorul de Dinamica Autovehiculului**

Cercetările experimentale au fost realizate cu scopul de a evidenția reglajele realizate vehiculelor testate în vederea obținerii de performanțe crescute, realizându-se și o analiză asupra naturii gazelor evacuate de către acestea.

Autovehiculul testat [112] este echipat cu motor cu aprindere prin scânteie, acesta prezentând următoarele date tehnice:

- Motor cu aprindere prin scânteie
- Cod motor – K7J
- Cilindree – 1390 cm<sup>3</sup>
- Masa – 1100 kg
- 4 cilindri în linie
- Putere maximă – 54.4 kW la 5500 rot/min
- Cuplu maxim – 112 Nm la 3000 rot/min
- Raportul de compresie – 9.5:1
- 0-100 km/h – în 13 sec
- Viteza maximă – 161 km/h
- Emisie de CO<sub>2</sub> – 164g/km
- Consumul de combustibil – 9.2 / 5.5 / 6.8 [l/100km]



Fig. 4.1. Motorul testat K7J 1.4 MPI ce echepează LOGAN Dacia

#### **4.1.1. Aparatură și echipamente utilizate în cadrul cercetărilor experimentale**

Laboratorul de Dinamica Autovehiculului din cadrul Facultății de Mecanică Timișoara dispune de un stand dinamic de încercat motoare, Maha LPS 3000 [126], având următoarele elemente în componență:

- Unitate de comandă, incluzând calculator, Mouse, tastatură
- Role
- Ventilator cu aer
- Module periferice

Standul cu role permite realizarea de măsurători pentru autovehicule echipate atât cu m.a.s. cât și cu m.a.c., privind performanțele acestora (putere și cuplu). Standul este echipat cu un sistem de frânare cu curenți Eddy, sistem care permite

realizarea de simulări trafic. Ventilatorul poate fi comandat de la distanță cu ajutorul unei comenzi. Perifericele includ module cu ajutorul cărora se pot face achiziții de date. Acestea sunt:

- Modul temperatură ambientală – achiziționează informații cu privire la temperatura aerului de admisie, presiune și umiditate.
- Modulul turo-metru – achiziționează informații cu privire la turația motorului cu ajutorul unei clame piezo (pentru motoarelor diesel).
- Sondă temperatură ulei.
- Modulul OBD – achiziționează informații cu ajutorul mufei OBD a autovehiculului.

Avantajele pe care le oferă standul cu role Maha LPS 3000 sunt oferite de meniul principal, și anume: măsurători de parametri, setări de parametri, diagnoză, precum și simulări. Acestea din urmă au în vedere simularea rezistenței la înaintare, care poate fi realizată la viteză constantă, și anume cu ajutorul interfeței de lucru a standului se va seta o anumită viteză, pe care acesta o va menține constantă, indiferent de poziția pedalei de accelerație. Acest lucru este posibil datorită sistemului de frânare cu curenți turbionari. De asemenea se poate realiza simularea rezistenței la înaintare și la tracțiune constantă. Acest mod de operare al standului permite încărcarea cu o anumită sarcină a rozelor, sarcină transmisă prin intermediul rozelor către roți, astfel autovehiculului/motorul putând fi testat la diferite sarcini.

Simularea rulării autovehiculului supus încercărilor experimentale, cu ajutorul standului dinamic Maha LPS3000 [116], este posibilă în urma îndeplinirii anumitor condiții, care presupun calcularea puterii la roată, a rezistenței la înaintare, a rezistenței aerului, a pierderilor de la roată datorită anvelopelor, a puterii rezistenței rolei, al cuplului, a presiunii la supra-încărcare, etc.

Puterea la roată – pentru calculul puterii la roată se au în vedere o serie de parametri ai motorului, printre care cei mai importanți sunt cilindrul motorului, turația, lambda, presiunea și temperatura mediului ambiant, randamentul indicat, cel mecanic, al transmisiei precum și coeficientul pierderilor de putere prin frânare.

Rezistența la înaintare – se determină cu relația:

$$F_x = \frac{P_{air} \cdot 3.6v^2}{v_{ref}^3} + \frac{P_{flex} \cdot 3.6v}{v_{ref}^3} + \frac{P_{roll} \cdot 3.6}{v_{ref}} + m \quad (4.1)$$

Unde,

$v_{ref}$  – viteza de referință – uzual 90 km/h;

$v$  – viteza de rulare;

$P_{air}$  – puterea rezistenței aerului [kW];

$P_{flex}$  – puterea de flexibilitate [kW];

$P_{roll}$  – puterea rezistenței rolei [kW];

$M$  – masa autovehiculului [kg].

Puterea rezistenței aerului  $P_{air}$  se determină cu relația:

$$P_{air} = 0.5 \rho c_w A_{front} (v + v_0)^2 v \quad (4.2)$$

Unde,

$\rho$  – densitatea aerului ( $\rho=1.1 \text{ kg/m}^3$ );

$c_w$  – coeficientul de rezistență al aerului ( $c_w=0,38$ );

$A_{front}$  – suprafața frontală a autovehiculului (lungime x lățime);

$v$  – viteză de rulare ( $v=90 \text{ km/h} \Leftrightarrow 25 \text{ m/s}$ );  
 $v_0$  – viteza curentului de aer frontal ( $v_0=0 \text{ m/s}$ ).

Puterea de flexibilitate  $P_{flex}$  – se determină cu relația:

$$P_{flex} = \mu_w mgv \quad (4.3)$$

Unde,

$\mu_w$  – coeficientul de flexibilitate;  
 $m$  – masa autovehiculului;  
 $g$  – accelerația gravitațională ( $9,81 \text{ m/s}^2$ );  
 $v$  – viteza de rulare;

Aceasta rezistență prezintă valori nesemnificative și care nu influențează rezultatele finale ale măsurătorilor, prin urmare va fi neglijată.

Puterea rezistenței rolei  $P_{roll}$  – se determină cu relația:

$$P_{roll} = \mu_r mgv \quad (4.4)$$

Unde,

$\mu_r$  – coeficientul de rezistență la rolă a anvelopelor  
 Standul dinamic cu role calculează și cuplul la roată, relația fiind:

$$M = \frac{P[kW]9549}{n} [\text{rot}/\text{min}] \quad (4.5)$$

Standardele internaționale după care lucrează standul prevede corecții atât pentru motoarele cu aprindere prin scânteie cât și pentru cele cu aprindere prin comprimare. Pentru m.a.s -uri, factorul de corecție  $K_a$  pentru calculul puterii, după DIN 70020 [116] este:

$$K_a = \frac{1013}{p[\text{mbar}]} \left( \frac{T[\text{K}]}{293} \right)^{0.5} \quad (4.6)$$

Pentru  $p=936$  în mili-bari și temperatura ambiantă  $T=17^\circ\text{C} = 273^\circ\text{K}$ , factorul de corecție  $K_a=1.07671$ .

Pentru motoarele Diesel, factorul de corecție  $K_a$ , după DIN 70020 este același ca și pentru motoarele cu aprindere prin scânteie. Diferențele apar pentru alte standardizări, cum ar fi ISO, SAE, JIS, EWG, [116] unde exponentul 0.5 este înlocuit cu un factor  $f_m$ , denumit factor motor, care are valoarea  $f_m=0.3$ .

Consumul specific de combustibil  $q$ , este determinat, în conformitate cu standardul SAE J1349 [116], cu ecuația:

$$q = 120000 \frac{F}{Dn} \quad (4.7)$$

Unde,

$F$  – Debitul combustibilului  
 $D$  – Diametrul cilindrului  
 $n$  – Turația motorului

Pentru determinarea gazelor evacuate de către autovehicule au fost utilizate echipamentele din dotarea laboratorului, și anume analizorul de gaze Maha MET 6.1 (figura 4.2) [127], unul dintre cele mai noi echipamente scoase pe piață de către

compania MAHA, aparat destinat măsurării noxelor atât pentru autovehiculele cu motoare Otto, precum și pentru motoare Diesel.

Echipamentul utilizează o probă (sondă) pentru măsurarea speciilor poluante, figura 4.3, precum și o clemă pentru înregistrarea turației motorului în timp real, figura 4.4.

Domeniu de aplicare – analizorul de gaze MET 6.1 este utilizat în analiza gazelor de eșapament cu raze infraroșii. Principiul de măsurare pe care îl aplică acest echipament este cel al absorbției selective pentru determinarea speciilor poluante CO, CO<sub>2</sub> și HC. Gazele eșapate sunt prelevate din țeava de eșapament cu ajutorul unei probe, după care apa din probă – reținută de MET 6.1 – se îndepărtează iar gazele sunt transferate în camera de măsurători. În funcție de speciile poluante care urmează a fi analizate, fasciculul de raze infraroșii este subțiat de gazul prezent în camera de măsurare. Fasciculul de raze infraroșii își va modifica spectrul de absorbție în funcție de speciile poluante prezente în gazele analizate. În tabelul 4.1 s-au prezentat câteva din caracteristicile analizorului de gaze MET 6.1 [117].



Fig.4.2 Echipament analiză gaze, Maha MET 6.1



Fig. 4.3. Probă pentru măsurarea noxelor





Fig. 4.4 Clemă pentru determinare turație motor

Tabel 4.1 Date tehnice analizor de gaze MAHA MET 6.1

<b>Gaze măsurate</b>	CO [%]	CO <sub>2</sub> [%]	HC [ppm]	O <sub>2</sub> [%]	NO <sub>x</sub> [ppm]
<b>Interval de măsurare</b>	0...15 Vol %	0...20 Vol %	0...2000ppm Vol (hexane), 0...4000ppm Vol (hexane)	0...25 Vol %	0...5000 ppm Vol
<b>Precizia de măsurare absolută</b>	0.03 Vol%	0.5 Vol %	10 ppm Vol	0.1 Vol %	32...120 ppm Vol (depinde de plaja de măsurare)
<b>Principiu de măsurare</b>	Infraroșu	Infraroșu	Infraroșu	Electro-chimic	Electro-chimic
<b>Rezoluția valorii măsurate</b>	0.001 Vol %	0.01 Vol %	0.1 ppm Vol	0.01 Vol %	1 ppm Vol

S-au avut în vedere măsurătorile cu privire la timpi de injecție [74], precum și aprinderea, elemente gestionate de către unitatea electronică de comandă și control a autovehiculului. În vederea acestui scop a fost utilizat un osciloscop Tektronix TDS 202280B, împreună cu sondele de tensiune și de curent. Osciloscopul permite analiza semnalelor prin două canale, frecvența de lucru fiind de 200MHz, oferind și posibilitatea de a stoca informațiile achiziționate pe o memorie flash, cu mufă USB.



Fig. 4.5. Osciloscop Tektronix destinat cercetărilor experimentale



Fig. 4.6. Sondă de curent marca HEME

Sonda de curent utilizată prezintă următoarele caracteristici: curent maxim – 20A RMS, Output 100mV/A.

Sondele de tensiune de tip BNC prezintă următoarele caracteristici: limitele maxime și minime între care acestea lucrează în parametrii optimi sunt 200MHz – 60MHz, 10M $\Omega$  – 1M $\Omega$ , 16pF – 95pF, 10X – 1X.



Fig. 4.7. Sonde de tensiune Tektronix P2220

#### 4.1.2. Cercetări experimentale realizate asupra motorului testat K7J 1.4 MPI

Cercetările experimentale realizate au fost realizate cu scopul creșterii performanțelor autovehiculului testat. S-a luat în considerare monitorizarea timpilor de injecție precum și calcularea timpilor de injecție cu ajutorul modelelor matematice. De asemenea un factor foarte important în creșterea performanțelor a fost și factorul de îmbogățire. Însă reglajul realizat asupra motorului asupra ECU cu ajutorul software-ului DDT 2000 vizează eliminarea limitării de turație, setare ce echipează toate vehiculele din producție. S-a urmărit prin cercetări teoretice și măsurători experimentale, care sunt consecințele pe care le aduce acest reglaj.

Literatura de specialitate ne prezintă formule de calcul pentru determinarea timpilor de injecție, care însă, pentru ușurarea rezolvării ecuațiilor, acceptă simplificări, cum ar presiunea din colectorul de admisie constantă, temperatura și umiditatea aerului ambiant constante, simplificări care ne conduc la rezultate – putem afirma – parțial adevărate [24].

Cercetările experimentale au demarat prin pregătirea standului dinamic cu role Maha LPS 3000, prin calcularea coeficienților necesari determinărilor performanțelor autovehiculului, a echipamentelor auxiliare, precum și pregătirea software-ului dedicat achizițiilor de date.

Logica urmărită de-a lungul cercetărilor cuprinde mai multe etape, după cum urmează:

- Studii teoretice bazate pe calcule matematice și formule matematice;
- Simulare și testare utilizându-se datele reale achiziționate de pe motorul testat;
- Determinări experimentale.

Principali parametri de intrare și care sunt în strânsă legătura între ei, sunt: turația motorului, timpul de injecție, factorul de îmbogățire, reglajul realizat asupra limitării turației, și alți parametri.

Unul dintre elementele importante implicate în reglajele realizate asupra motorului, este factorul/regulatorul de îmbogățire.

Regulatorul de îmbogățire este un dispozitiv simplu dar esențial care are rolul de a controla presiunea amestecului carburant a vehiculului în funcție de temperatură. Variația acestuia se poate face și în funcție de timp, sau în funcție de turația motorului. Un regulator/dispozitiv pentru îmbogățirea amestecului aer-combustibil, pentru un motor cu ardere internă în fata de preîncălzire, cuprinde:

- un sistem de măsurare a combustibilului, cu un comutator pentru generarea de semnale de măsură ca răspuns la un grup de parametri de funcționare ai motorului;

- o etapă de corecție offset , în care este conectat la un generator de funcții pentru a produce un semnal, care este senzor receptor de viteză/turație, pentru a compensa pierderile de condensare din pereții liniilor de combustibil, atunci când motorul este rece, astfel, optimizarea funcționării motorului are loc.

De asemenea sunt mai multe moduri pentru a reduce compensarea pierderilor de condensare la viteze mai mari pentru a preveni un efect negativ asupra gazelor de eșapament și pentru a se potrivi la diverse motoare.

Poziția regulatorului de îmbogățire în schema bloc a circuitului de senzori, se poate observa în figura 4.8:

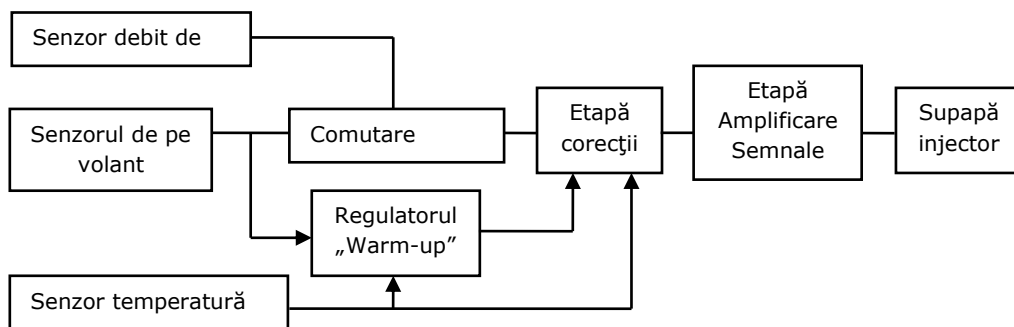


Fig. 4.8 Poziția regulatorului de încălzire (warm-up) în schema funcțională a motorului [119]

Timpul de injecție a fost un alt parametru analizat în vederea îmbunătățirii performanțelor motorului.

Se știe faptul că alimentarea camerei de ardere cu combustibil este controlată către de timpul de injecție,  $t_{inj}$ , timp în care injectorul este deschis. Amestecul carburant este format din două elemente: masa de aer  $m_a$  și masa de combustibil  $m_f$  (fuel mass) – în limba engleză). Raportul dintre aceste două elemente ne conduc spre creșterea sau ne-creșterea performanțelor motorului. Parametrul care descrie performanța motorului o reprezintă *puterea*. Puterea, măsurată în kW, variază între două limite:  $P_{min}$  și  $P_{max}$ , raportul dintre aceste două valori fiind 100:  $P_{max}/P_{min}=100$ . De asemenea și turația motorului variază între maxim și minim:  $n_{max}/n_{min}=100$ . Pentru funcționarea motorului la ralanti, cantitatea de combustibil  $\dot{m}_f$  este proporțională cu puterea efectivă de la ieșire. Pentru acest caz, masa de aer necesară arderii nu este analizată.

Pentru a analiza necesarul de combustibil unei arderi eficiente și cu creștere de putere, vom analiza două posibile variante, și anume: a alimentare continuă cu combustibil, și o alimentare intermitentă cu combustibil. Pentru primul caz este evident că funcționarea motorului nu va fi în parametri normali, ci oferind o funcționare cu amestec bogat, ceea ce ne conduce la un consum de combustibil ridicat precum și la un nivel ridicat de poluare al elementelor prezente în gazele de

evacuare. Pentru cazul al doilea, și anume injecție intermitentă de combustibil, pentru fiecare ciclu o anumită cantitate de combustibil va fi injectată intermitent. Cine decide cât timp și ce cantitate și la ce presiune va fi injectat combustibil? Răspunsul la aceste întrebări este oferit în cele de urmează.

Timpul de injecție este strâns legat unghiul pedalei de accelerație [82], a clapetei obturatorului, a turației, a regimului de funcționare [105] în care se află sau se dorește să fie motorul în secunda imediat următoare, a sondei lambda. Legătura foarte puternică dintre ingineria mecanică, electrică/electronică și domeniu IT începe să fie resimțite aici concret. Astfel ECU al autovehiculului este echipat cu un soft capabil să interpreteze semnalele emise de către senzorii autovehiculului meniți să trimită semnale în timpul cel mai scurt cu privire la cerințele conducătorului auto [72].

S-au realizat înregistrări ale semnalelor senzorilor autovehiculului în vederea gestionării acestora, prin urmare se prezintă variațiile câtorva parametrii (fig. 4.9,...fig. 4.12)

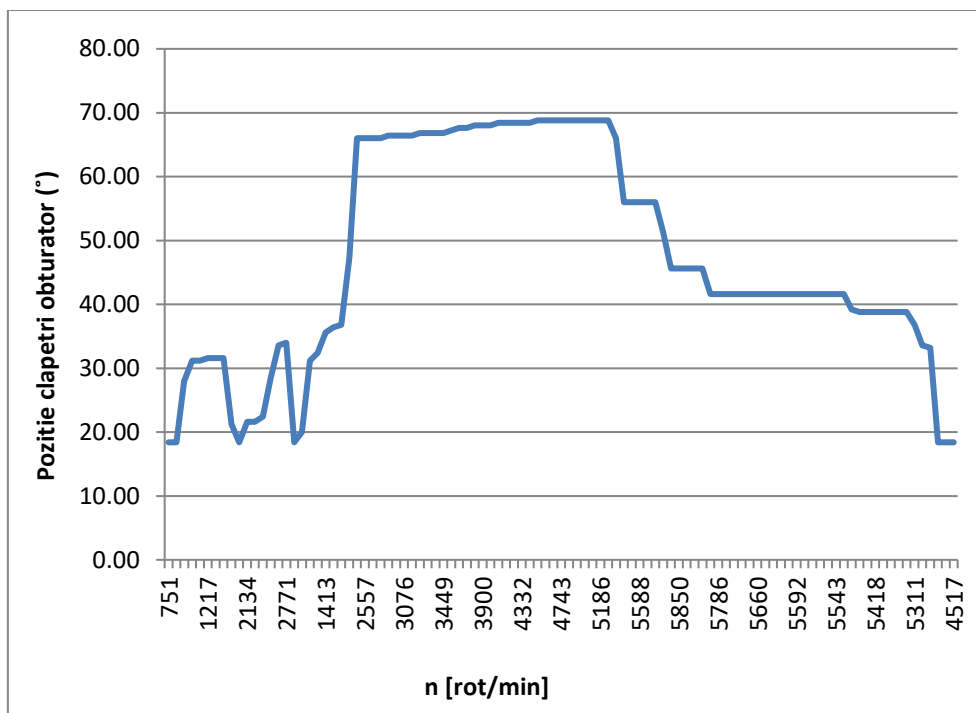


Fig. 4.9. Poziția clapetei obturator (°)

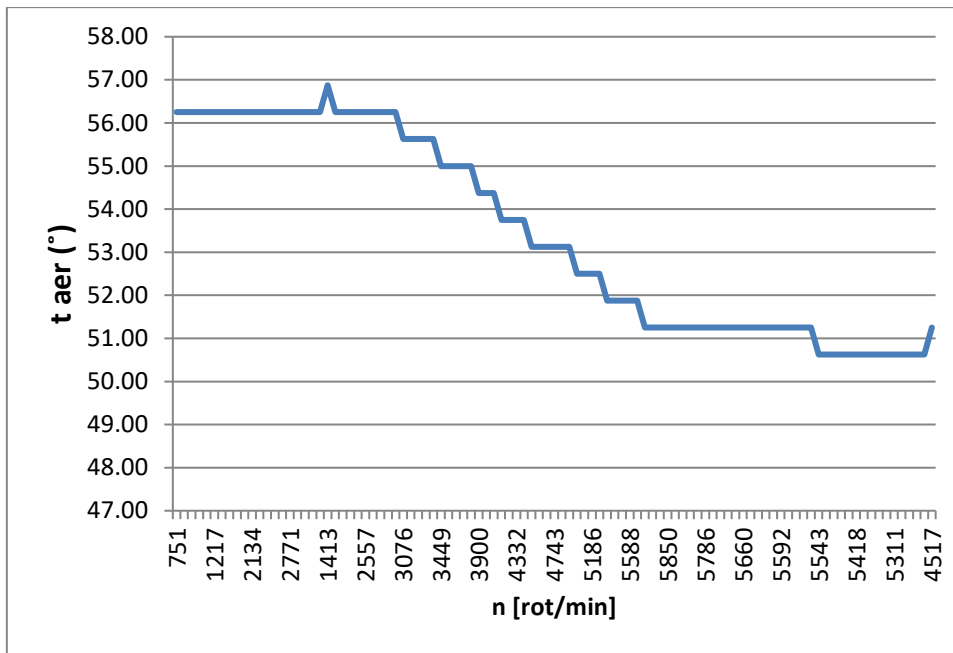


Fig. 4.10. Temperatura aerului admis în colectorul de admisie



Fig. 4.11. Presiune aer în colectorul de admisie

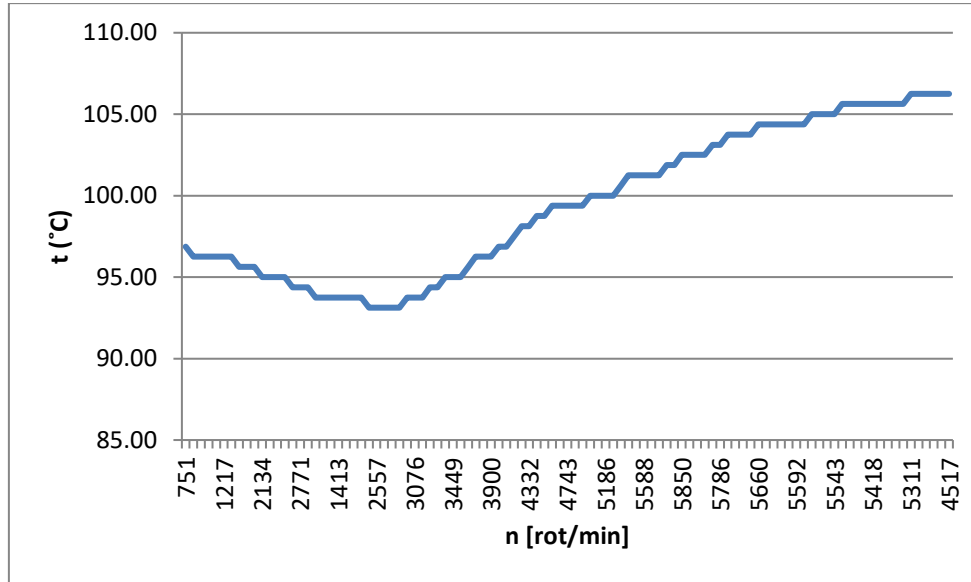


Fig. 4.12. Temperatură agent de răcire

Timpul de injecție [85],  $t_{inj}$ , este cel despre care vom detalia în cele ce urmează.

Este cunoscut faptul că puterea de ieșire a unui motor variază între două limite, și anume între minim și maxim [75], [76].

$$P_{max} / P_{min} = 100 \quad (4.8)$$

Relația de legătură dintre putere și cantitatea de combustibil [91], este prezentată în cele ce urmează:

$$m_c = \frac{P_e}{\eta_e H_i} \quad (4.9)$$

Numărul de injecții pe secundă sunt proporționale cu turația. Astfel cantitatea de combustibil injectată pe cilindru pe ciclu, este:

$$m_c = \int_0^{\frac{2}{n \cdot CYL}} \dot{m}_c dt \quad (4.10)$$

CYL reprezintă numărul de cilindri ai motoului, factorul 2 este datorită faptului că aerul este introdus în camera de combustie doar la fiecare al doilea ciclu la motoarele în patru timpi. Presupunând o masă constantă de combustibil în unitatea de timp  $\dot{m}_c = const$  pentru funcționarea la ralanti, după integrare, relația 4.8 devine [66]:

$$m_c = \frac{\dot{m}_c}{n} \frac{2}{CYL} \quad (4.11)$$

Plecând de la raportul puterilor, maxim per minim, și aplicat cantității de combustibil, avem ecuația care ne oferă raportul maselor de combustibili:

$$\frac{m_{max}}{m_{min}} = \frac{P_{max}}{P_{min}} \frac{n_{min}}{n_{max}} \quad (4.12)$$

Trebuie să prevedem și corecție o erorile cu privire la cantitatea de combustibil injectată la sarcină minimă, astfel:

$$\frac{\Delta m}{m_{min}} < 3\% \quad (4.13)$$

relație care ne conduce la menționarea unei erori admisibilă și la o cantitate maximă de combustibil pe ciclu:

$$\frac{\Delta m}{m_{max}} < 3 \cdot 10^{-3} \quad (4.14)$$

Pentru calcularea timpului de injecție trebuie să avem în vedere și cantitatea de aer necesară unei arderi eficiente, atât din punct de vedere energetic [88], [89], cât și din punct de vedere al naturii gazelor evacuate. Prin urmare, cantitatea de combustibil injectată într-un cilindru va fi calculată pentru o masă de aer,  $\dot{m}_a = \text{const}$ .

$$m_c = \frac{m_a}{L_{st} \lambda} = \frac{1}{L_{st} \lambda} \frac{\dot{m}_a}{n} \frac{2}{CYL} \quad (4.15)$$

unde  $L_{st}$ , este raportul stoechiometric  $L_{st} = 14.66$ . Din literatura de specialitate este știut faptul că cantitatea de combustibil injectată este direct proporțională cu timpul de injecție și cu radicalul diferenței de presiune  $\Delta p$  dintre presiunea din injector și presiunea din galeria de admisie sau dintre presiunea injectorului și presiunea din camera de ardere (în cazul injecției directe) [6]. De asemenea, vor fi considerate constante densitatea combustibilului,  $\rho_f$ , precum și aria efectivă descrișă deschiderea valvei injectorului,  $A_{ef\_v}$ , ceea ce ne conduce la următoarea relație:

$$m_c \sim \rho_c A_{ef\_v} \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho_c}} \cdot t_{inj} \quad (4.16)$$

Pentru cazul injecție în colectorul de admisie, diferența de presiune este în jur de  $\Delta p = 5$  bari, pe când în cazul injecție de combustibil direct în camera de ardere, diferența de presiune este de  $\Delta p = 400$  bari. Pentru cazul motoarelor diesel, diferența de presiune atinge valori foarte ridicate, și anume  $\Delta p = 2000$  bari.

Pentru funcționarea motorului, timpul de injecție este aproximativ egal cu [66]:

$$t_{inj} \sim \frac{1}{\lambda} \frac{\dot{m}_a}{n} \frac{2}{CYL} \quad (4.17)$$

Iar pentru o valoare de referință a coeficientului excesului de aer,  $\lambda_0$ , vom avea un timp de injecție de referință,  $t_0$ :

$$t_0 \sim \frac{1}{\lambda_0} \frac{\dot{m}_a}{n} \frac{2}{CYL} \quad (4.18)$$

Pentru o valoare aleatorie a coeficientului excesului de aer,  $\lambda$ , timpul de injecție devine [66]:

$$t_{inj} \approx \frac{\lambda_0}{\lambda} t_0 \quad (4.19)$$



## **4.2. Reglaje privind performanțelor motorului testat, K7J 1.4 MPI**

### **4.2.1. Pregătirea datelor privind cercetările experimentale**

Pentru realizarea cercetărilor experimentale, s-a utilizat un laptop, dotat cu un soft dedicat pentru colectarea datelor, și anume DDT2000 [25]. Au fost achiziționate date preliminare, premergătoare modificărilor, pentru a se putea evidenția veridicitatea acestor.

Astfel s-au înregistrat date cu privire la:

- Tensiune sondă oxigen amonte
- Tensiune sondă oxigen aval
- Temperatură aer în interiorul colectorului de admisie
- Presiune aer în interiorul colectorului de admisie
- Poziție clapetă obturator
- Temperatură lichid de răcire (apă)
- Viteză reală autovehicul
- Factorul de îmbogățire (pentru diferite regimuri)
- Timp (durată) injecție de combustibil
- Tensiune baterie
- Consum de combustibil

Nu au fost înregistrați toți parametri, cei mai importanți fiind numiți mai sus, deoarece programul are avantajul de a monitoriza un număr foarte mare de parametri, peste 390.

Datele înregistrate astfel au fost prelucrate cu ajutorul programului de simulare, pentru a se prezenta și evidenția prin figuri și grafice 3D, variațiile acestor parametri. Programul de simulare a permis pregătirea datelor preliminare, pentru experimente precum și analiza în prealabil a posibilelor performanțe pe care le putem atinge, precum și modul prin care aceste modificări pot fi realizate în vederea creșterii performanțelor autovehiculului testat.

De asemenea au fost urmăriți parametri cu privire la variația consumului de combustibil și a naturii gazelor de evacuare.

Figura 4.13 prezintă unul dintre modele de simulare realizat și utilizat în pregătirea datelor preliminare.

### **4.3 Rezultate experimentale**

Etapele urmărite în vederea realizării cercetărilor experimentale au fost:

- Poziționarea autovehiculului pe standul dinamic de încercări.
- Fixarea autovehiculului.
- Conectarea prin mufa OBD II a laptopului dotat cu softul dedicat înregistrării datelor măsurat.
- Conectarea auxiliarelor privind monitorizarea variației temperaturilor apei, uleiului, aerului, presiunilor apei, uleiului, mediului ambiant.
- Monitorizarea gazelor evacuate.
- Monitorizarea tensiunii de pe injector și a curentului pe bujie cu ajutorul osciloscopului și a sondelor de măsurare, pentru evidențierea modificărilor cu privire la timpii de injecție modificați în vederea obținerii unei creșteri a performanței autovehiculului.

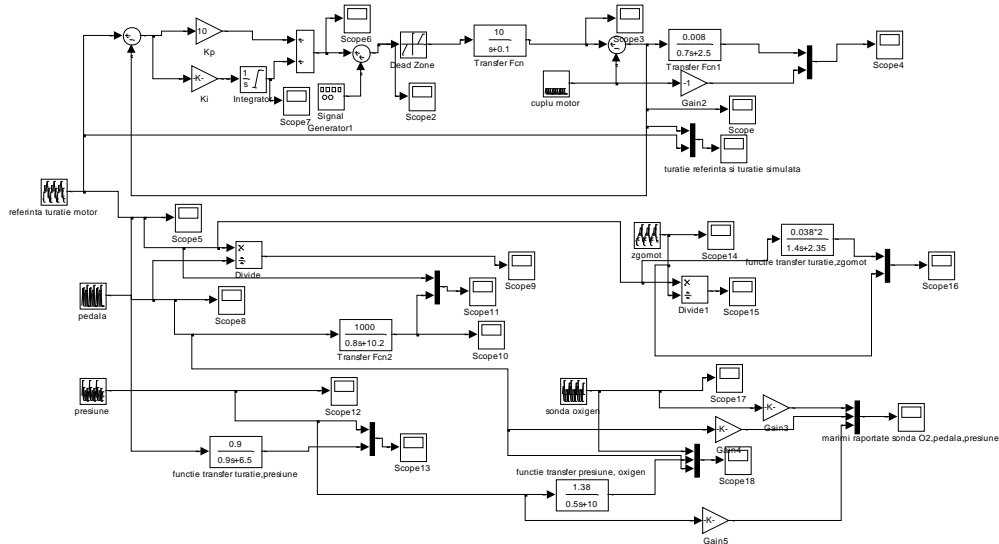


Fig. 4.13. Model de simulare realizat în MATLAB/Simulink privind variația turației, a nivelului de zgomot, precum și a sondei lambda, a poziției pedalei de accelerație și a presiunii pe baza valorilor achiziționate în real

#### 4.3.1. Modelarea și simularea pulsului injectorului

Pentru a înțelege modificările care au fost realizate asupra motorului testat, K7J 1.4 MPI, ce echipează LOGAN Dacia, se prezintă procesul prin care injectorul poate fi comandat și controlat privind durata de injecție în funcție de cerințele conducătorului auto. Pentru aceasta s-a utilizat standul dinamic cu role Maha LPS 3000, care inițial nu a fost încărcat cu forțe, pentru a analiza semnalele emise de tensiunea injectorului la sarcină zero; s-a realizat apoi încărcarea standului cu forțe de încărcare constante, echivalente cu urcarea unei rampe la un unghi alfa, cu anumite valori. Vitezele de rulare pe stand au ajuns 200km/h.

Se poate observa că variația pedalei de accelerație variază între valori de minim și de maxim, după cum urmează: pentru momentul la care clapeta de accelerație este închisă total, și anume valoarea 1, valoarea în grade a poziției este întotdeauna  $18.40^\circ$ , iar valoarea maximă pentru cazul în care clapeta de accelerație este total deschisă, prezentând valoarea 0, valoarea în grade a poziției este de  $68.80^\circ$ . De asemenea, curba descrisă de poziția clapetei de accelerație este în strânsă legătură cu turația motorului.

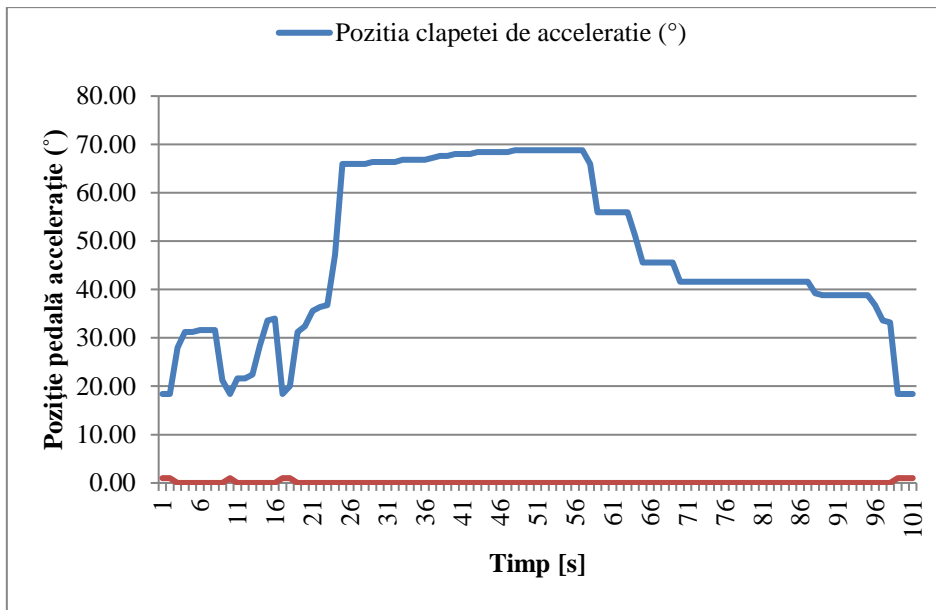


Fig.4.14. Variația în timp a pedalei de accelerație, precum și activarea/dezactivarea acesteia

#### 4.3.2. Tehnologia PWM

PWM-ul reprezintă o aplicație preluată de multe domenii tehnice cum ar fi electronica de putere și convertoarele statice, invertoare și redresoare comandate. De asemenea și de domeniul automotive, din aplicațiile domeniului electric și electronic. PWM-ul reprezintă modulația în timp a pulsului [21], fiind o tehnică utilizată frecvent pentru controlul puterii dispozitivelor electrice, realizată practic prin întrerupătoare electrice moderne de putere.

Literatura de specialitate ne prezintă modul de realizare al PWM-lui [52], [53]. Acesta utilizează semnale de formă rectangulară, a căror durată în timp, precum și în amplitudine, este modulată ca rezultat al variației valorilor medii a pulsului. Dacă se consideră un puls de forma  $f(t)$ , care prezintă o valoare minimă,  $y_{min}$ , o valoare maximă  $y_{max}$ , precum și un *duty cycle*  $D$ , unde *duty cycle* reprezintă raportul dintre durata în care funcția este activă ( $\tau$ ) și perioada funcției ( $T$ ),  $D=\tau/T$ , atunci valoarea medie a pulsului este dată de relația:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (4.20)$$

Cum  $f(t)$  reprezintă un puls, valoarea acestuia de maxim va lua valori între  $0 < t < DT$ , iar valorile de minim între  $DT < t < T$ . Astfel, ecuația (5.1) devine:

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \left( \int_0^{DT} y_{max} dt + \int_{DT}^T y_{min} dt \right) = \frac{DTy_{max} + T(1-D)y_{min}}{T} = Dy_{max} + (1-D)y_{min} \quad (4.21)$$

Pentru simplificare, pentru cele mai multe cazuri  $y_{min}=0$  de unde rezultă  $\bar{y} = Dy_{max}$ , depinzând direct numai de *duty cycle*  $D$ .

Figura 4.15 prezintă variația generică a pulsului, cu unde rectangulare. Practica arată că pulsul poate prezenta nu doar curbe rectangulare, ci și alte forme (figura 4.16) [69].

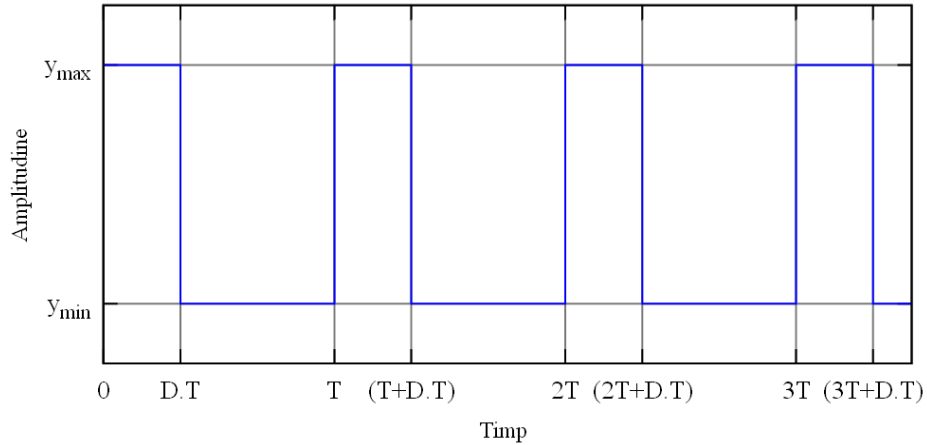


Fig.4.15. Model modulație a pulsului de formă rectangulară, între valorile de minim și de maxim [115]

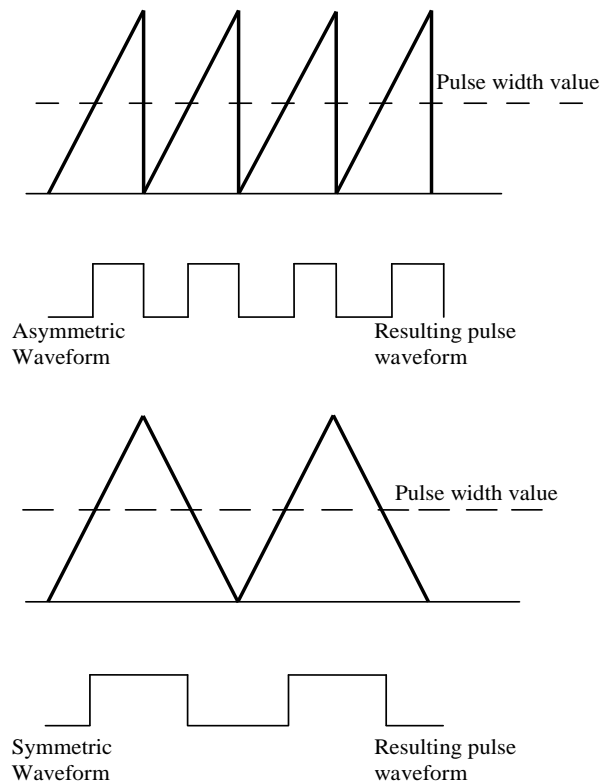


Fig. 4.16. Tipuri de unde pentru generarea semnalului PWM

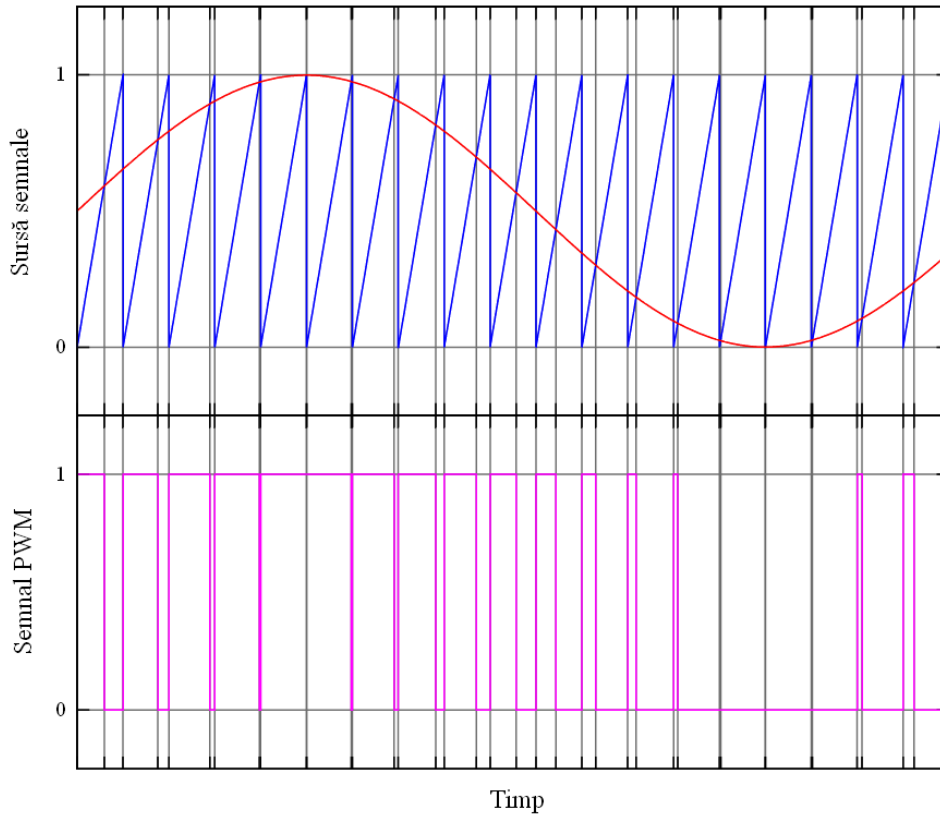


Fig.4.17. Exemplu de creare a semnalului PWM după un semnal dat (curba de culoare roșie) [115]

Urmând exemplul din figura 4.17, vom aplica tehnologia PWM asupra motorului testat, cu ajutorul programelor de simulare, MATLAB/Simulink.

Astfel, în urma achiziției datelor preliminare de pe autovehiculul supus cercetărilor experimentale, au fost realizate o serie de modelări cu privire la variația semnalului PWM-lui. Pentru aceasta prezentăm etapele urmate în vederea creării și modelării semnalului PWM cu finalitate în controlul și gestiunea injectiei de combustibil [48].

Pentru realizarea semnalului, a fost nevoie de înregistrarea turației motorului, a nivelului de zgomot în carterul motorului cu senzorul de detonație, a presiunii, a tensiunii sondei de oxigen amonte și aval, precum și timpul de injecție. De asemenea a fost înregistrat și semnalul senzorului de poziție cu efect Hall, senzor cu o importanță foarte mare în tehnologia PWM aplicată motoarelor cu ardere internă.

Cu ajutorul osciloscopului au fost realizate înregistrări ale semnelor emise către injector, și anume tensiunea (figura 4.18, figura 4.20), precum și curentul de pe bujie (figura 4.19 și figura 4.21). Curba oscilantă de tip sinusoidă reprezintă măsura senzorului de turație corelat cu poziția pistonului. Figura 4.22 prezintă achiziția cu ajutorul osciloscopului a tensiunii pe injectorului, de asemenea și aprinderea dată de bujie, semnalat de curba de culoare albastră, și anume curentul de pe bujie.

Sondele de curent și de tensiune au fost instalate pe vehiculul testat astfel: sonda de curent s-a fixat pe fișa bujiei injectorului numărul 1, iar sonda de tensiune a fost conectat la cele două fire de comandă ale injectorului.



Fig. 4.18. Conectare sonde



Fig. 4.19. Vizualizare și achiziție date



Fig. 4.20. Conectarea sondei de tensiune pentru determinarea tensiuni pe injector



Fig. 4.21. Conectarea sondei de curent pentru determinarea momentului aprinderii

În urma finalizării conexiunilor aparatelor la motorul testat, și anume k7J 1.4 MPI, Logan Dacia, s-a obținut variația semnalului real de pe motor, putându-se observa foarte clar modulația semnalelor de tensiune injector și curent bujie, osciloscopul având capacitatea de a modificat geometria semnalelor înregistrate (figura 4.22 și figura 4.23).



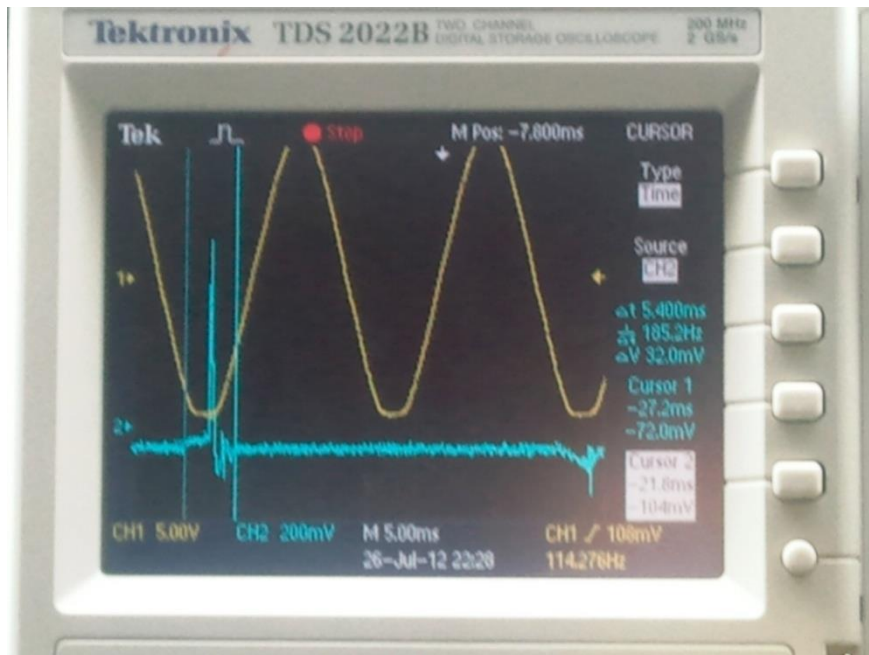


Fig. 4.22. Semnal de referință tensiune (de la traductor de pozitie sau corelat cu turația) și curentul pe bujie

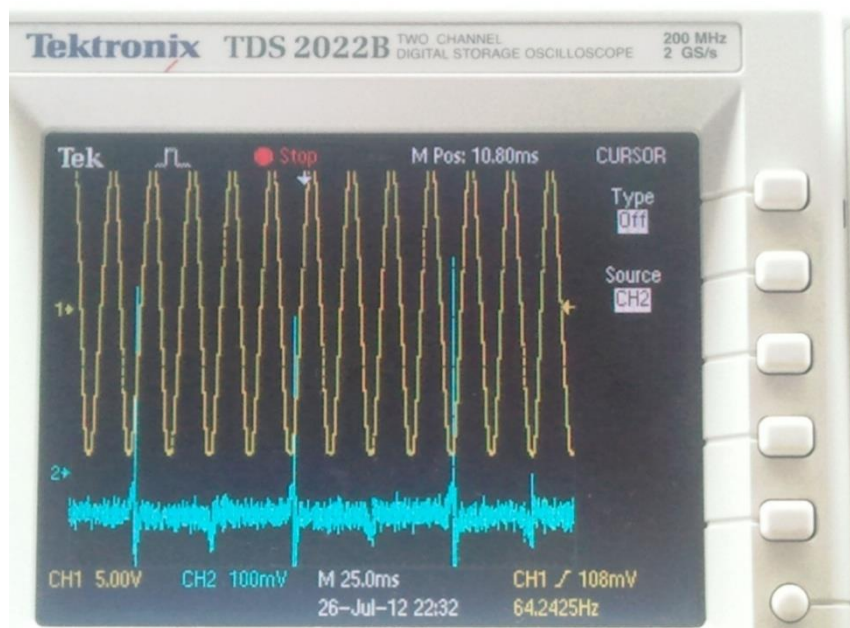


Fig. 4.23. Semnal de referință tensiune (de la traductor de pozitie sau corelat cu turația) și curentul pe bujie – scânteii apare periodic pentru cilindrul 1(vezi figura 1.1, Cap.1)



În cele ce urmează se prezintă grafic datele de intrate, achiziționate cu ajutorul programului dedicat DDT2000 (figura 4.24, figura 4.25, figura 4.26, figura 4.27).

Se observă pe grafic faptul că regimul atins în etapa de înregistrare date preliminare, nu a fost unul solicitant pentru motor, turația maximă atinsă fiind în jurul valorii de 3300 rot/min.

De asemenea, înregistrarea timpului de injecție, variind în unitatea de timp, prezentată în figura 4.25, prezintă valorile de maxim și de minim atinse în timpul înregistrării datelor, și anume între 1.5 milisecunde și 4.4 milisecunde. Pentru a se realiza o creștere a performanțelor autovehiculului, se va lucra asupra valorilor acestui grafic, efectuându-se reglaje de ordinul mili secundelor în unitatea de timp, astfel ca odată cu micșorarea intervalului dintre injecțiile succesive cu combustibil ale injectorului, implicit și cu creșterea cantității de combustibil,  $m_c$ , de asemenea și a masei de aer,  $m_a$ , curbele de putere și de moment motor (cuplu) să prezinte valorile așteptate.

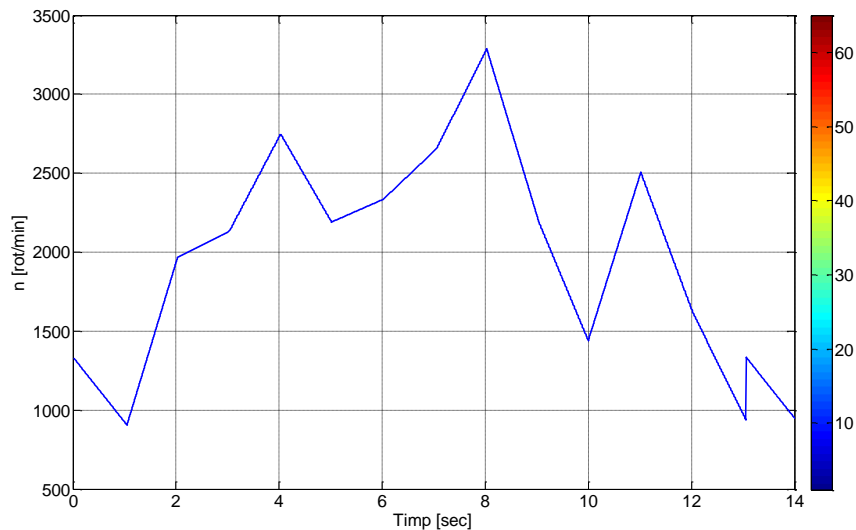


Fig. 4.24. Variația turației motorului testat, K7J 1.4 MPI, în unitatea de timp

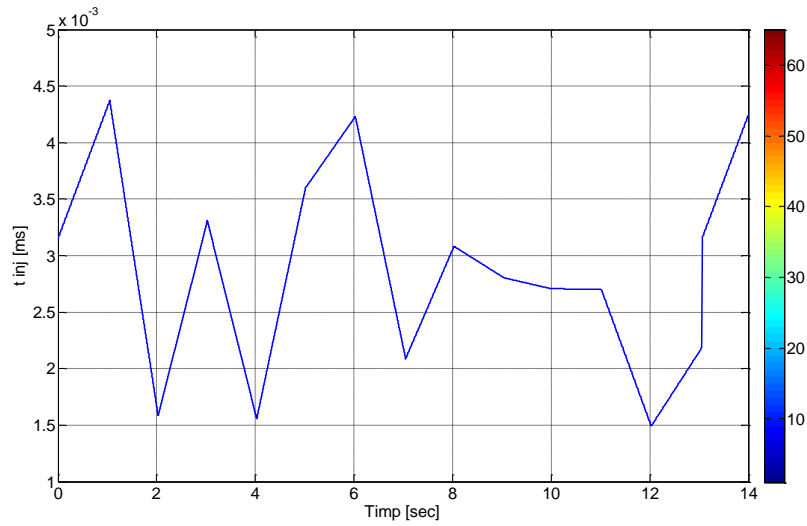


Fig. 4.25 Variația timpului de injecție în unitatea de timp

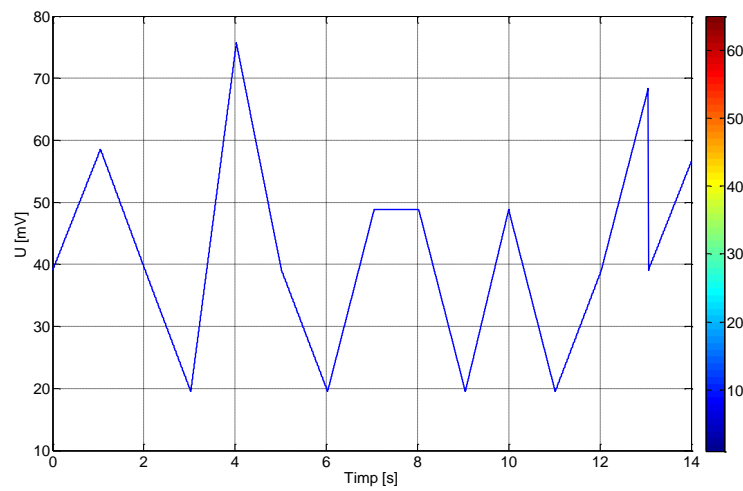


Fig.4.26. Variația tensiunii sondei lambda amonte în unitatea de timp

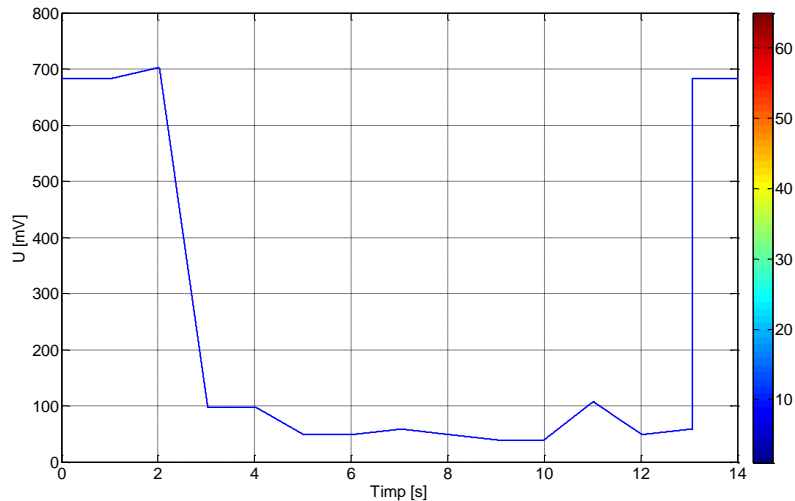


Fig.4.27. Variația tensiunii sondei lambda aval în unitatea de timp

Parametrii de mai sus precum au fost de referință pentru realizarea modelului de simulare (figura 4.28), unde ca și semnale de ieșire au fost tensiunea de pe injector, curentul de pe bujie, precum și detectarea poziției pistonului.

Determinarea poziției pistonului, cu ajutorul senzorului de pe volant este determinantă în generarea semnalului PWM. Acest lucru este realizabil cu ajutorul senzorului Hall. Pentru a determina cu exactitate momentul ideal pentru generarea semnalului PWM (care va genera deschiderea valvei injectorului), este necesar a fi cunoscută poziția pistonului, spre exemplu, a pistonului nr.1. Modelul realizat, cu ajutorul programului de simulare MATLAB/Simulink în vederea determinării poziției pistonului este prezentat în figura 4.29. S-a luat ca referință turația motorului înregistrată cu ajutorul programului DDT2000, apoi s-a terminat semnalul digital Hall privind poziția pistonului.

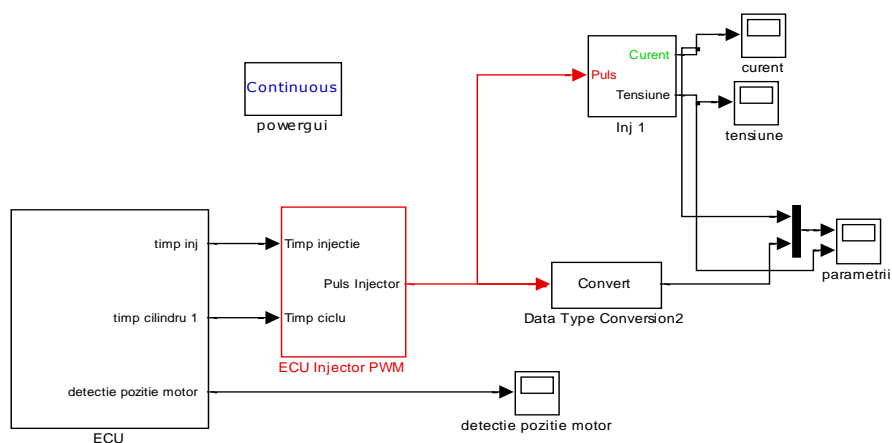


Fig.4.28 Model de simulare în MATLAB/Simulink pentru generarea semnalului PWM

Rezultatul în urma simulării ne prezintă un semnalul, de formă rectangulară. Pentru fiecare trecere a pistonului prin PMS, ECU al motorului va genera un semnal ca și cel prezentat în figura 4.30. Valorile de minim și de maxim sunt cele de zero și de unu.

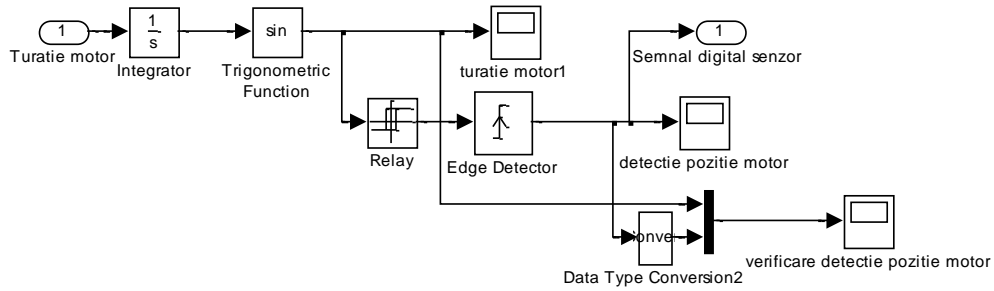


Fig. 4.29 Model de simulare realizat în MATLAB/Simulink pentru determinarea poziției pistonului

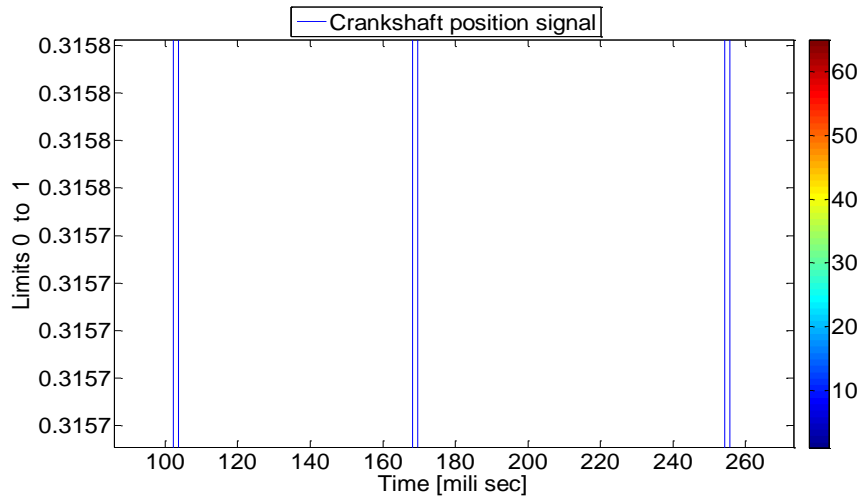


Fig. 4.30. Semnalul senzorului de turajție – generat de către ECU – realizat prin simulare

Odată determinată poziția pistonului, în paralel cu acesta se va determina și timpul pentru un cilindru, implicit pentru un ciclu complet. Blocurile de simulare au permis generarea de semnale și pentru acești timpi, prin urmare, în urma modelării acestora (figura4.31) au fost obținute semnalele pentru fiecare dintre cele patru injectoare.

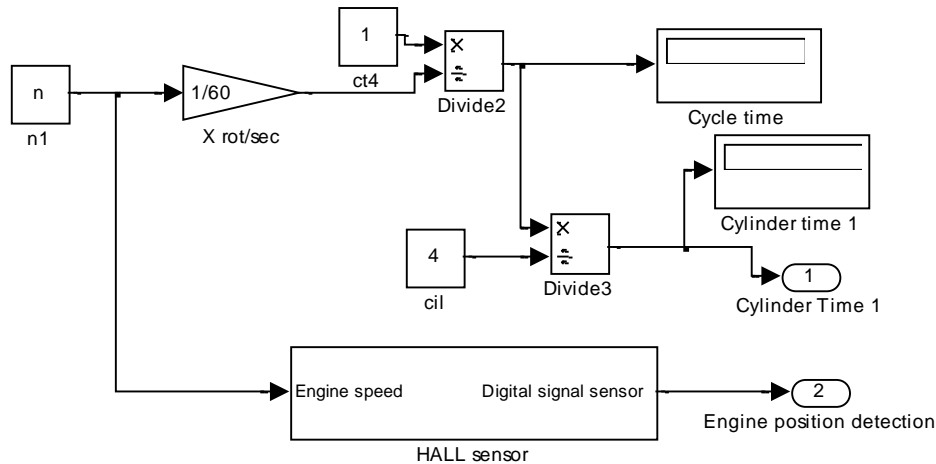


Fig. 4.31. Model de simulare realizat în MATLAB/Simulink, pentru determinarea timpului pentru un cilindru și pentru un ciclu complet

De asemenea, modelul de simulare pentru determinarea timpilor PWM, s-a realizat cu ajutorul programului de simulare, model prezentat în figura 4.32. Realizarea acestui model a avut la bază ecuația 4.17.

Plecând de la considerentele teoretice, prezentate în subcapitolul 4.1.2 privind generarea semnalelor PWM, se pleacă de la timpul de injecție, care este calculat de ECU, în condițiile date, și de timpul pe ciclu, care este preluat din turație. Raportul celor două (timp injecție și timp pe ciclu) corespunde raportului pe ciclu, Duty cycle. Dacă acest raport pe ciclu este comparat cu un semnal de referință (în general este un semnal triunghiular) a cărei frecvență poate fi fixă sau variabilă (și care depinde de turație) se poate obține semnalul PWM. Acest semnal merge mai departe de la ECU spre un driverul de putere care acționează injectorul. Figura 4.32 prezintă modelul de simulare pentru generarea acestui semnal PWM.

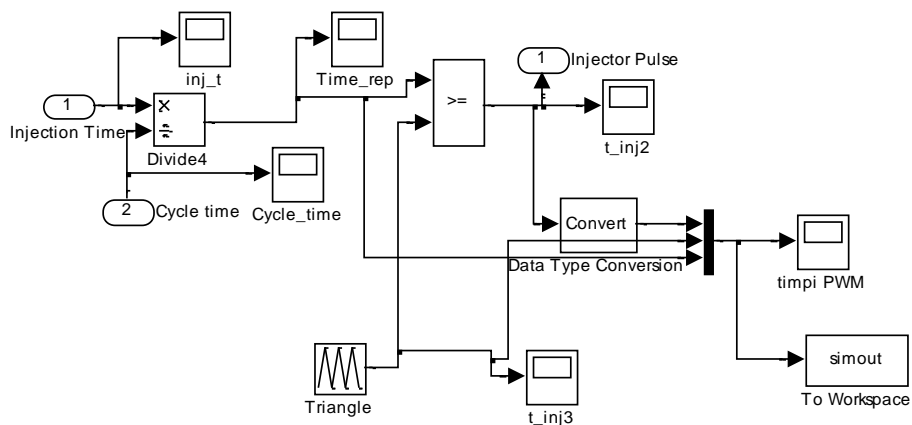


Fig. 4.32. Generarea semnalului PWM cu ajutorul programului de simulare MATLAB/Simulink

Pentru a înțelege mai bine procesul de generare a semnalului PWM, vom detalia figura 4.33, figură care reprezintă generarea semnalului PWM în urma înregistrării datelor reale. Semnalul triunghiular, care reprezintă timpul pe ciclu, ia valori între zero și unu în amplitudine, iar perioada depinde de turația motorului. Curba de culoare roșie reprezintă *duty cycle* și care este raportul dintre timpul de injecție și timpul pe ciclu. La intersecția dintre aceste două curbe, timpul pe ciclu și *duty cycle*, vom obține semnalul PWM, semnalul de culoare albastră, care poate varia ca și lungime a "palierelor", în funcție de poziția curbei *duty cycle*, sau în funcție de comanda primită de la ECU, în urma comenzilor conducătorului auto.

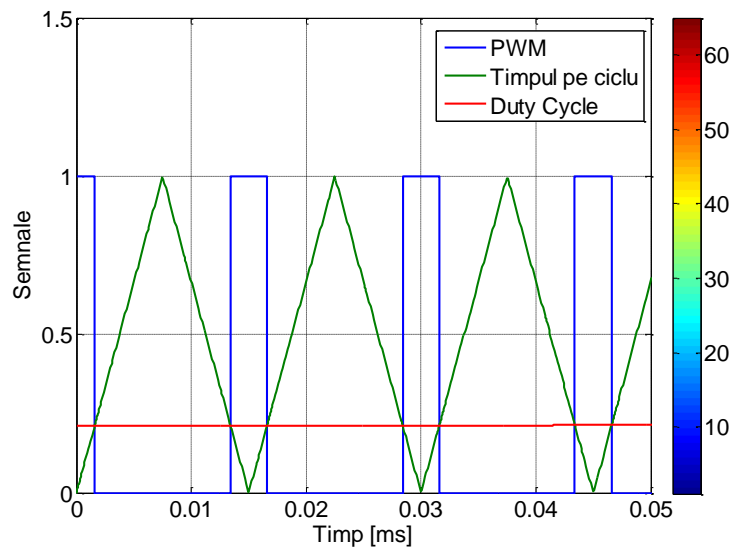


Fig. 4.33. Principiul de generare al semnalului PWM

Pentru a înțelege mai bine procesul de generare a semnalului PWM, vom detalia figura 4.33. Semnalul triunghiular, care reprezintă timpul pe ciclu, ia valori între zero și unu în amplitudine, iar perioada depinde de turația motorului. Curba de culoare roșie reprezintă *duty cycle* și este raportul dintre timpul de injecție și timpul pe ciclu. La intersecția dintre aceste două curbe, timpul pe ciclu și *duty cycle*, vom obține semnalul PWM, semnalul de culoare albastră, care poate varia ca și lungime a "palierelor", în funcție de poziția curbei *duty cycle*, sau în funcție de comanda primită de la ECU, urmare a parametrilor de intrare/ieșire.

S-a realizat un model de simulare pentru un injector, ce conține și o parte de forță (acumulatorul) dar și partea de comandă (puls) care este strâns legată de driverul ECU-ului (figura 4.34).

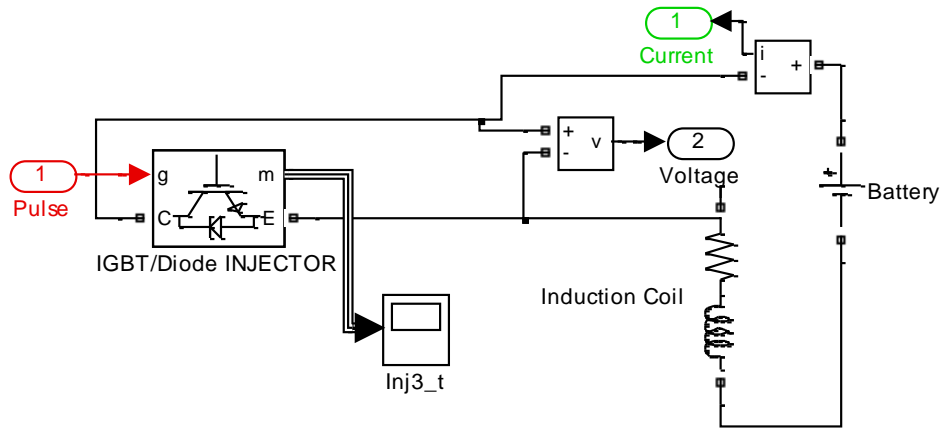


Fig. 4.34. Simulare sistem de comandă injector

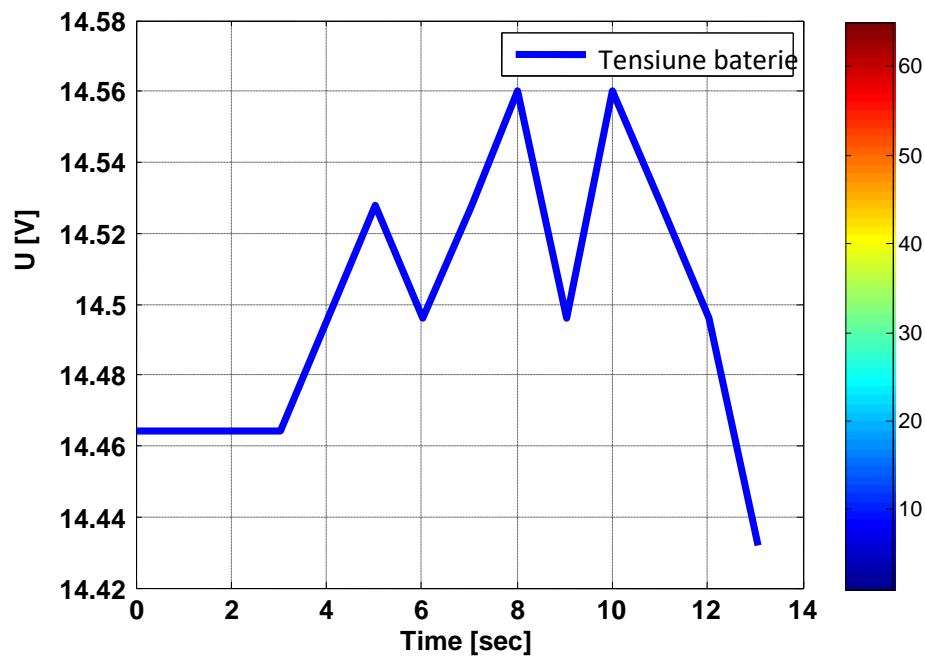


Fig. 4.35. Variația tensiunii acumulatorului motorului testat

Dacă tensiunea de alimentare are o importanță în comanda injectorului și în timpul de acțiune al injectorului, [34], [64] atunci variația de 10mV, în practică, este nesensibilă. De aceea o asemenea eroare sub 1% poate fi în limita de eroare de măsură a senzorilor [80].

Un avantaj major al programului de simulare MATLAB/Simulink îl reprezintă posibilitatea de a efectua reglaje privind lungimea palierelor semnalului PWM (figura 4.36). Odată modificate aceste lungimi, se vor produce modificări directe asupra timpului de injecție, implicit asupra graficelor acestora. De asemenea și tensiune de pe injector, precum și curentul de pe bujie, vor suferii modificări. Cu ajutorul acestei secțiuni a programului de simulare, au fost realizate încercările cu privire la variația semnalului PWM și deci a timpului de injecție.

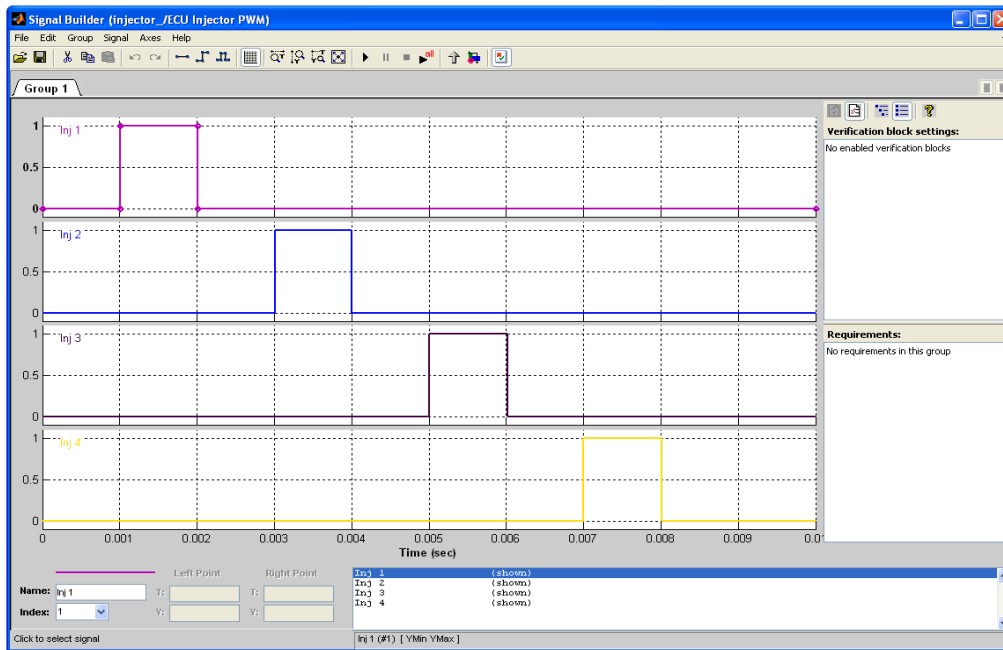


Fig. 4.36 Modalitate de modificare în mod offline prin simulare a semnalului PWM pentru fiecare injector

Ceea ce trebuie să se obțină și cu ajutorul osciloscopului este prezentat în figura 4.37, și anume variația timpului de injecție în funcție de timp (pentru 25 sec.). Graficul a fost obținut cu ajutorul programului de simulare MATLAB/Simulink.

Principalele elemente implicate în procesul de ardere la motoarele cu aprindere prin scânteie sunt cantitatea de aer și cantitatea de combustibil [106]. Modelele matematice de calcul al acestor două elemente principale sunt prezentate sub formă de schemă bloc realizate cu programul de simulare MATLAB/Simulink.

Reprezentarea grafică a acestora a evidențiat variația valorilor de maxim și de minim pentru cantitatea de aer și cantitatea de combustibil necesare ardeii.



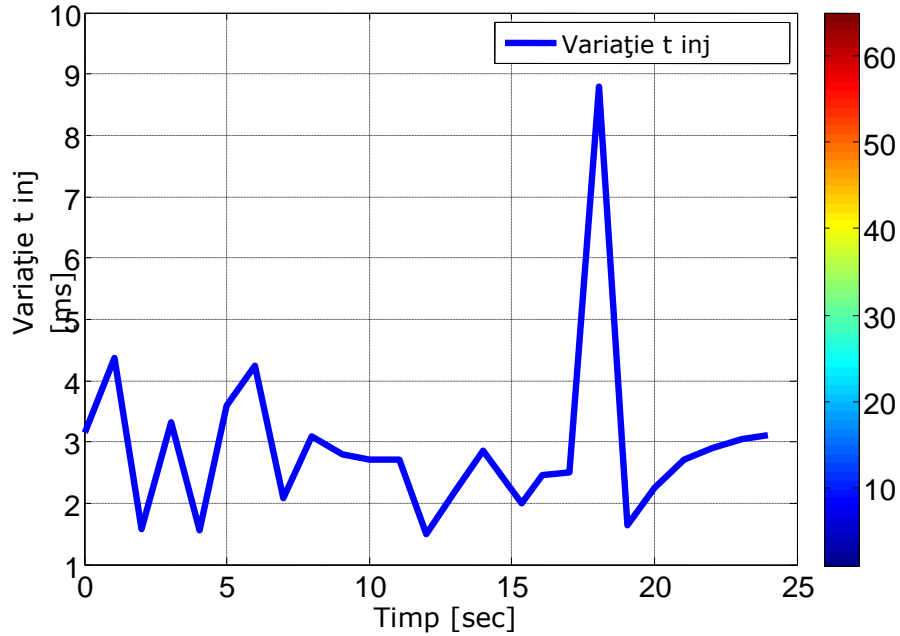


Fig. 4.37 Variația t inj

Plecând de la formulele de calcul a timpilor de injecție (4.17) s-a realizat un model de simulare MATLAB/Simulink pentru calculul timpului de injecție. În figura 4.39 este o detalie a blocului existent în figura 4.38 care pleacă de la referința de turație a motorului,  $m_a$  și valoare lambda, măsurate, și se obține t inj in mili secunde.

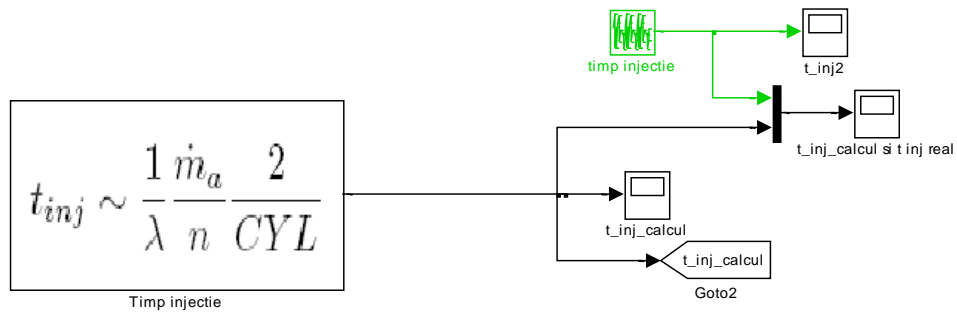


Fig. 4.38 Modelul de simulare MATLAB/Simulink privind semnalul timpului de injecție

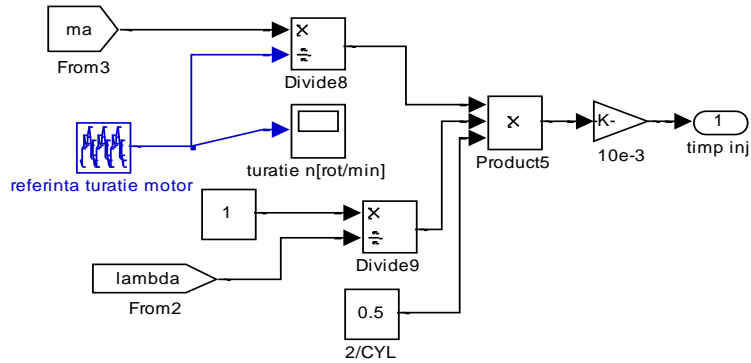


Fig. 4.39. Modelul matematic de calcul al timpului de injecție realizat cu MATLAB/Simulink

Punctul cel mai important al acestor cercetări experimentale completate de calculele teoretice, se regăsesc în variația timpului de injecție de combustibil pe durata cercetărilor [42], [70], [71]. Modelele de simulare pentru determinarea timpului de injecție sunt prezentate în figurile 4.38 și 4.39. Cele două curbe de timpi de injecție (figura 4.40) reprezintă curbele valorilor teoretice, în care au fost luate în calcul rezultatele teoretice privind cantitatea de aer și cantitatea de combustibil, precum și toți parametrii implicați în procesul de combustie, pe grafic fiind reprezentată de curba de culoare verde, iar a doua curbă de valori o reprezintă curba valorilor reale, realizată în urma achizițiilor de date reale de pe vehiculul testat, curba de culoare albastră, prezentat în figura 4.40.

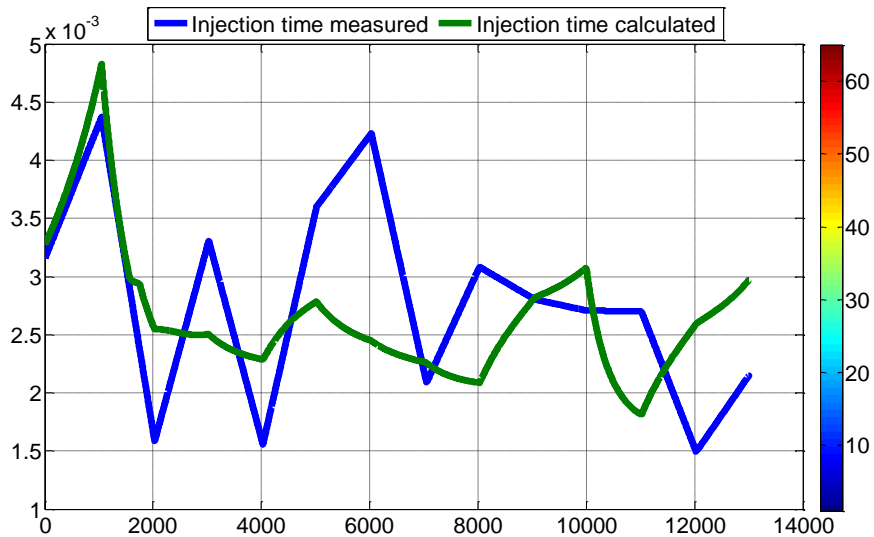


Fig. 4. 40. Variație timp de injecție calculat și măsurat pentru motorul testat K7J 1.4 MPI, Dacia Logan

În urma comparației dintre cele două curbe, pentru cazul calculat precum și pentru cazul măsurat, s-a observat faptul că cele două curbe prezintă profile asemănătoare, lucru care ne oferă posibilitatea de a accepta ca bună soluția cu privire la metodele de simulare precum a prelucrării datelor reale de pe motorul testat.

#### 4.3.3. Rezultate experimentale privind variația timpilor de injecție și curentul de la bujie

Încercările experimentale au fost realizate pentru motorul K7J 1.4 MPI la sarcină zero (0N), precum și încercat cu sarcină în valoare de 2000N [87]. Au fost realizate măsurători pentru diferite regimuri de funcționare, prezentându-se în lucrare rezultatele măsurătorilor experimentale pentru regimurile de funcționare la 750 și 4000 rot/min. Rezultatele măsurătorilor experimentale pentru funcționarea motorului la 1500 rot/min, 2000 rot/min și 3000 rot/min la forță de încărcare de 0N sunt prezentate în anexa 3, iar pentru funcționarea la forță de încărcare de 2000N, în anexa 4. Au fost înregistrate variațiile curentului de pe bujie și a tensiunii pe injectorul nr. 1 cu ajutorul osciloscopului. Datele pentru fiecare din cazurile monitorizate au fost înregistrate tabelar, pentru fiecare din cele două canale de măsurare, curbele putând fi obținute grafic și pe baza acestor date din table.

Caz nr.1 – Variație timp de injecție (curba de culoare galbenă) și curent de pe bujie (curba de culoare verde) pentru:

- Motor testat – K7J 1.4 MPI Dacia Logan
- Forță de încărcare - 0N.
- Regim de funcționare - 750 rot/min.
- Viteză de rulare – 50 km/h.
- Normă de poluare – Euro III.

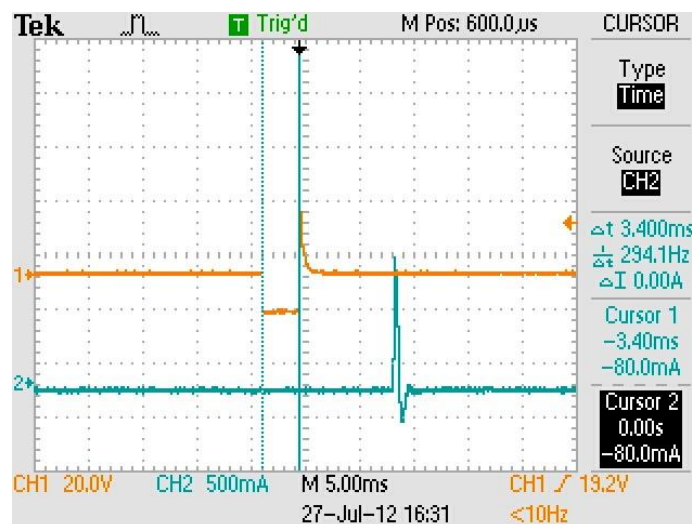


Fig.4.41. Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 1

Caz nr.2 – Variație timp de injecție (curba de culoare galbenă) și curent de pe bujie (curba de culoare verde) pentru:

- Vehicul testat – Dacia Logan 1.4 MPI
- Sarcină - 0N
- Turație de referință - 4000 rot/min
- Viteză de rulare – variabilă
- Normă de poluare – Euro III

S-a constatat, în urma analizei variațiilor semnalelor de la injector și de la bujie, că odată cu creșterea turației motorului, timpul de injecție devine mai scurt (comparație figura 4.41 și figura 4.42), de asemenea și curentul de pe bujie prezintă momente mai dese de amplitudini ale semnalului, urmare a solicitărilor la care este supusă bujia, urmare a creșterii turațiilor.

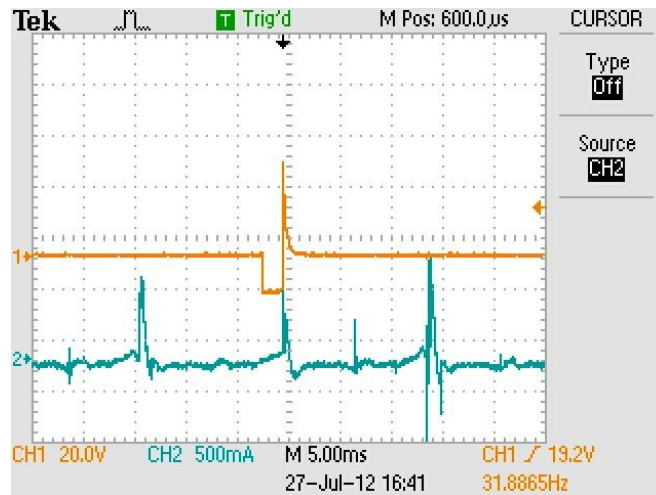


Fig.4.42. Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 2

În cele ce urmează se prezintă variația tensiunii injectorului și a curentului de pe bujie pe durata cercetărilor experimentale pe standul cu role la o forță de încărcare de 2000N.

Caz nr.3 – Variație timp de injecție (curba de culoare galbenă) și curent de pe bujie (curba de culoare verde) pentru:

- Vehicul testat – Dacia Logan 1.4 MPI
- Sarcină - 2000N
- Turație de referință - 1500 rot/min
- Viteză de rulare – 50km/h
- Normă de poluare – Euro III

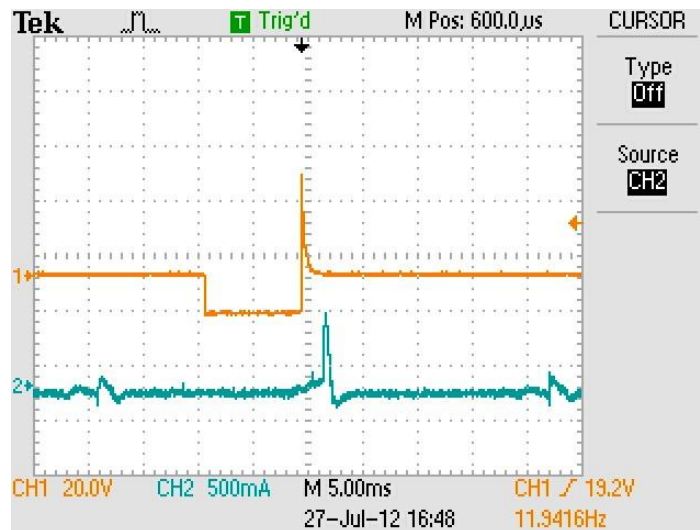


Fig.4.43. Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 3

Caz nr.4 – Variație timp de injecție (curba de culoare galbenă) și curent de pe bujie (curba de culoare verde) pentru:

- Vehicul testat – Dacia Logan 1.4 MPI
- Sarcină - 2000N
- Turație de referință - 4000 rot/min
- Viteză de rulare – variabilă
- Normă de poluare – Euro III

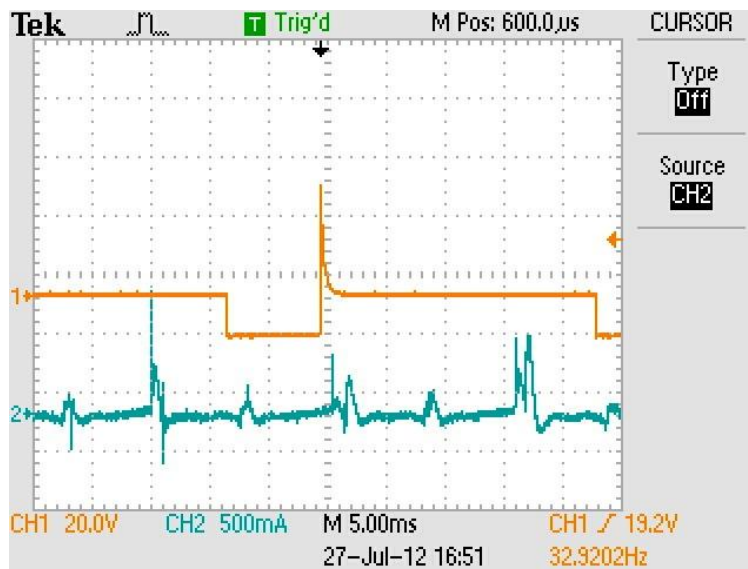


Fig. 4.44. Variația tensiunii pe injector și variația curentului de pe bujie pentru cazul 4

Valorile pe care le-au atins tensiunea de pe injector și curentul de pe bujie (figurile 4.43, 4.44) demonstrează faptul că la funcționarea motorului în sarcină, perioada în care valvele injectorului au fost deschise sunt mai lungi, și anume, dacă în cazurile precedente, unde motorul a funcționat fără sarcină, timpul de injecție a prezentat valori de 3...3.4...4 ms, pentru aceste cazuri, durata în milisecunde a injecției de combustibil a fost aproape dublă, de 7.4...7.8 ms, urmare și a creșterii turațiilor motorului (a regimului de funcționare).

#### 4.3.4. Regalaj la nivelul ECU asupra motorului testa K7J 1.4 MPI

În urma înregistrării variației timpului de injecție pentru motorul testat pentru cazurile precedente, s-a constatat că odată cu creșterea turației a crescut și timpul de injecție, situație evidențiată la funcționarea în sarcină, de asemenea și odată cu creșterea forței de încărcare. S-a constatat că pentru motorul testat, acesta a prezentat o limitare a mai multor parametri, aceste limitări fiind realizate din unitatea electronică de comandă și control, din rațiuni de siguranță odată cu proiectarea vehiculului. Prin eliminarea acestei limitări s-a constatat o îmbunătățire a performanțelor motorului testat. Parametrii implicați în acest proces sunt: bucla dublă de îmbogățire – termen utilizat de software-ul DDT 2000 pentru evidențierea momentelor în care acestea este activ sau nu, regulatorul de îmbogățire al amestecului, factorul de îmbogățire/ regulatorul de îmbogățire al amestecului, consumul instantaneu de combustibil, viteza autovehiculului și timpul de injecție.

Din achizițiile de date de pe motorul testat, s-a constatat variația buclei duble de îmbogățire – senzor care detectează activarea sau dezactivarea factorului de îmbogățire – prezentată în figura 4.45, și a regulatorului de îmbogățire (figura 4.46).

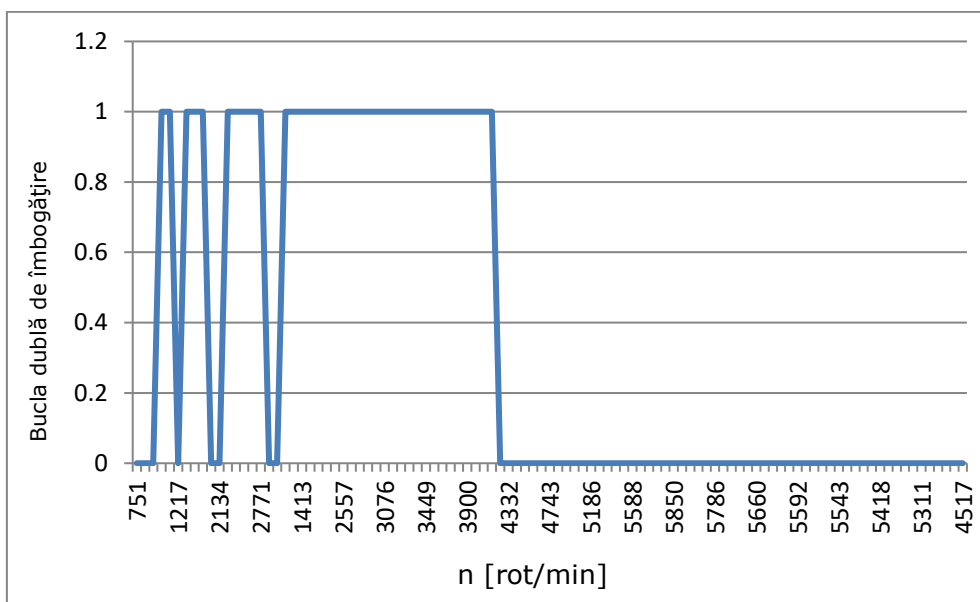


Fig. 4.45. Variație buclă dublă de îmbogățire – 1=activă 0=inactivă

Din figurile 4.45 și 4.46 se poate observa următorul fapt, și anume la turația de 4200 rot/min, atât bucla dublă de îmbogățire precum și regulatorul de îmbogățire devine inactive, astfel că injecția de combustibil numai are loc, de

asemenea și puterea motorului nu va mai prezenta valori crescătoare după turația de 4200 rot/min. Aceasta limitare standard a motorului, din ECU a fost înlăturată cu ajutorul softwareului DDT 2000, reglaj care se poate observa în figura 4.47. S-a marcat cu o linie de culoare roșie segmentul pentru care regulatorul a rămas activ, pe poziția 1.

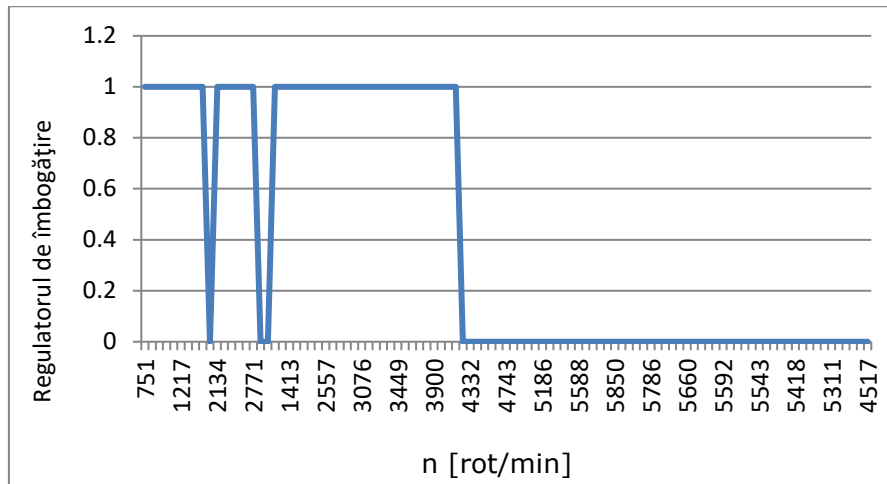


Fig. 4.46. Variația regulatorului de îmbogățire / 1=activă 0=inactivă

Astfel variația factorului de îmbogățire, care este raportul dintre debitul de aer maxim și debitul de aer nominal, în procente, prezintă o creștere semnificativă după atingerea turației de 4200 rot/min, lucru vizibil foarte clar în figura 4.48. Acest factor de îmbogățire se exprimă ca fiind un factor de corecție pe care ECU îl utilizează cu scopul ajustării presiunii aerului din colectorul de admisie, de la valorile reale, înregistrate pe vehiculul testat, la valorile rezultate în urma calculelor inițiale.

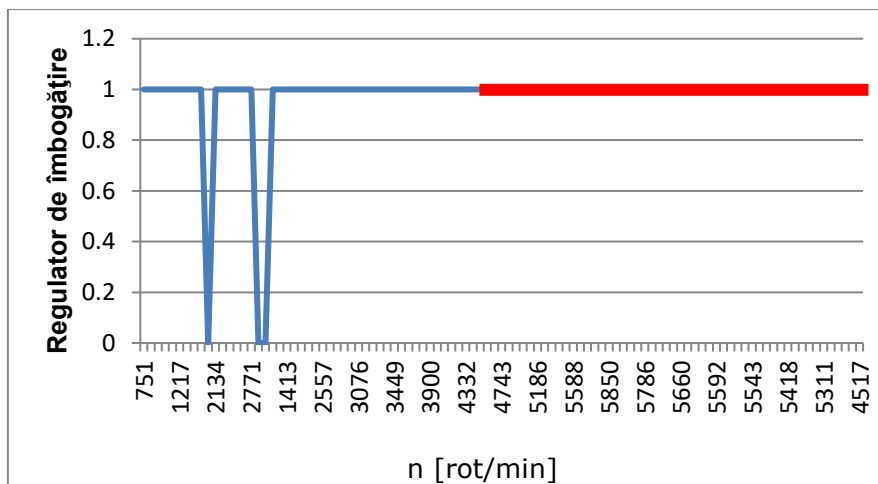


Fig. 4.47. Variația regulatorului de îmbogățire după anularea limitării

Datorită scoaterii limitării de turație se obține figura 4.47, iar în cazul în care se păstrează factorul de îmbogățire activ se obține o creștere a acestuia (a factorului de îmbogățire) până peste valoarea de 250 [%]. În mod normal valoarea este de maxim 180 [%], deci dacă ar exista limitarea nu ar putea trece peste aceasta valoare.

Consecințele pe care le aduce această modificare privesc și consumul de combustibil, care evident va crește în urma anulării limitării vitezei maxime de rulare. În cazul consumului instantaneu de combustibil peste turația de limitare 4200 rot/min datorită dezactivării limitării de turație și păstrarea în continuare a regulatorului de îmbogățire, se poate observa din figura 4.49 o creștere a consumului de combustibil ceea ce se va traduce în continuare în creștere de putere și de moment motor [77], [79].

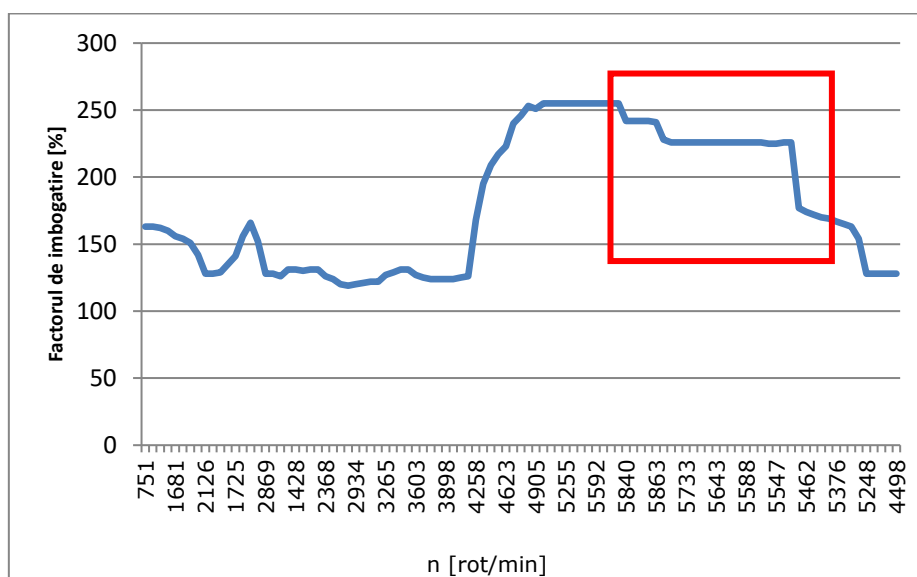


Fig. 4.48. Variația factorului de îmbogățire în urma anulării limitării

Figura 4.49 prezintă variația consumului instantaneu de combustibil, în litri pe oră (l/h), după realizarea reglajului din ECU cu ajutorul softwareului dedicat DDT 2000.

S-a constatat faptul că la turația de 2500 rot/min, turația de funcționare la regim normal a motorului, consumul prezintă 8l iar consumul maxim atins odată cu anularea limitării turației atinge valoarea de 25l. Astfel consumul instantaneu de combustibil prezintă o creștere semnificativă pentru segmentul de turații maxime de peste 30%.

Datorita elementelor prezentate anterior, păstrarea activă a regulatorului și creșterea factorului de îmbogățire, se poate constata o creștere a consumului de carburant la limita de 4200 rot/min ceea ce corespunde unei creșteri peste valoarea de 15 l/h. În cazul original zona delimitată de căsuța roșie nu exista. Deci motorul K7J de 75 cai putere ce echipază LOGAN Dacia este proiectat și reglat pe consum de combustibil moderat și mai puțin pe performanțe energetice.



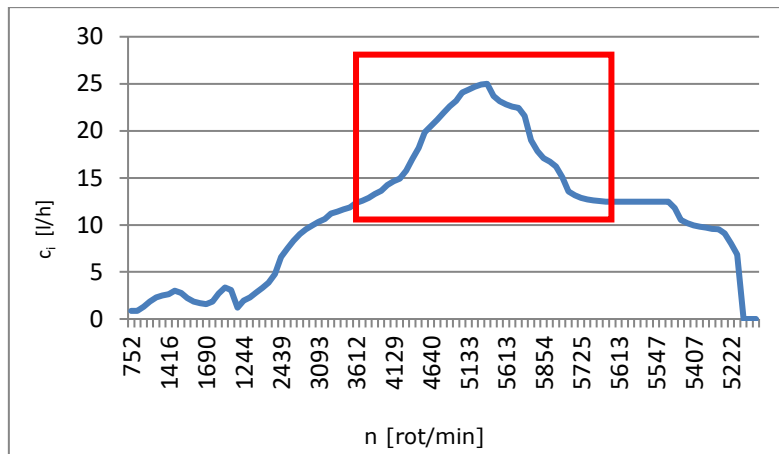


Fig. 4.49. Variația consumului instantaneu de combustibil funcție de turație

Identic este cazul consumului de combustibil în funcție de viteza autovehiculului. După cum se observă din figura 4.50, introducând combustibil în camera de ardere peste limita de 15l/h, ceea ce corespunde unei turații de 4200 rot/min, se pot atinge cu ușurință și viteze superioare limitei de viteză maximă dată de constructor de 150km/h.

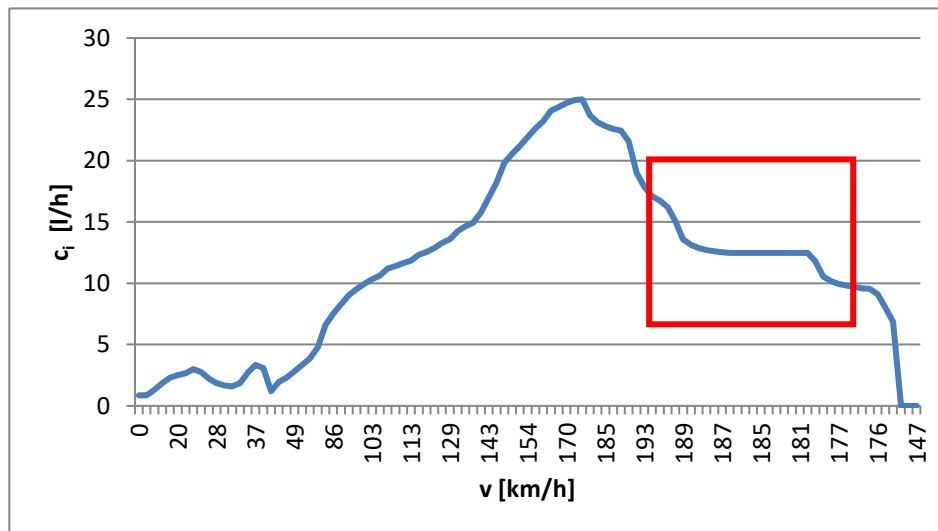


Fig. 4.50 Variația consumului instantaneu de combustibil funcție de viteza vehiculului

În urma dezactivării limitării turației, s-a constatat o creștere a consumului de combustibil pentru regimul de viteze cuprins între 143 km/h și 187 km/h (figura 4.50), însă se observă o liniarizare a consumului de combustibil la viteze mari de rulare, și anume peste 180 km/h, unde consumul de combustibil este comparabil cu rulare la viteze de 130-135 km/h. Acest lucru reprezintă un câștig cu privire la consumul de combustibil, corelat și cu turația motorului (figura 4.49), unde se poate observa cu ușurință un consum redus de combustibil pentru turații mari și anume 5700 rot/min....5500 rot/min.

S-a realizat o reprezentare cu trei parametri într-o singură figură, unde se poate observa variația și interdependența dintre aceștia. S-a constatat că variația consumului de combustibil depinde de turația motorului, implicit de poziția clapetei obturator, și de variația presiunii din colectorul de admisie. Acest ultim parametru, presiunea, se consideră a fi elementul de referință cu privire la funcționarea motorului în sarcină (sarcină variabilă).

Astfel cu cât va crește presiunea în mb din colectorul de admisie, implicit cu creșterea turației, parametrii precum timpii de injecție, avansul la aprindere, viteza de rulare a vehiculului, consumul de combustibil, vor crește în unitatea de timp. Și prin reprezentarea variației timpului în raport cu acești doi parametri, presiunea din colectorul de admisie și turația motorului, s-a observat că acesta variază/evoluează crescător, după structura variației parametrilor anteriori.

Figura 4.51 și figura 4.52 prezintă reprezentarea a trei parametri, turația motorului, de la 1000 la 6000 rot/min, presiunea din colectorul de admisie, de la 250 la 1000 bari, și consumul instantaneu de combustibil, de la 1,29 la 25 l/h.

		Consum combustibil [l/h]																									
		1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600	5800	6000
250				2.21			1.85			3.07													6.87				
280						1.68																					
310						1.59																					
340																											
370																							8.02				
400					1.2																						
430						1.84																		9.1			
460																											
490																							9.54	11.79			
520							3.01			3.35																	
550					2.29	1.86			2.71																12.48	12.72	
580	1.29																										
610																											16.22
640						2.65																					16.72
670			1.95																								
700																											
730			2.5	2.29																							
760					3.33																						21.59
790			2.81																								
820																											22.45
850																								23.7	22.58		
880																											
910						3.86																			25		
940																								24.93			
970																											
1000							4.78		6.59	7.51	9.02	10.33	11.2	11.86	12.56	13.29	14.25	15.78	18.19	21.19	22.62	24.08					

Fig.4.51 Variația consumului instantaneu de combustibil raportat în funcție de turația motorului și presiunea din colectorul de admisie

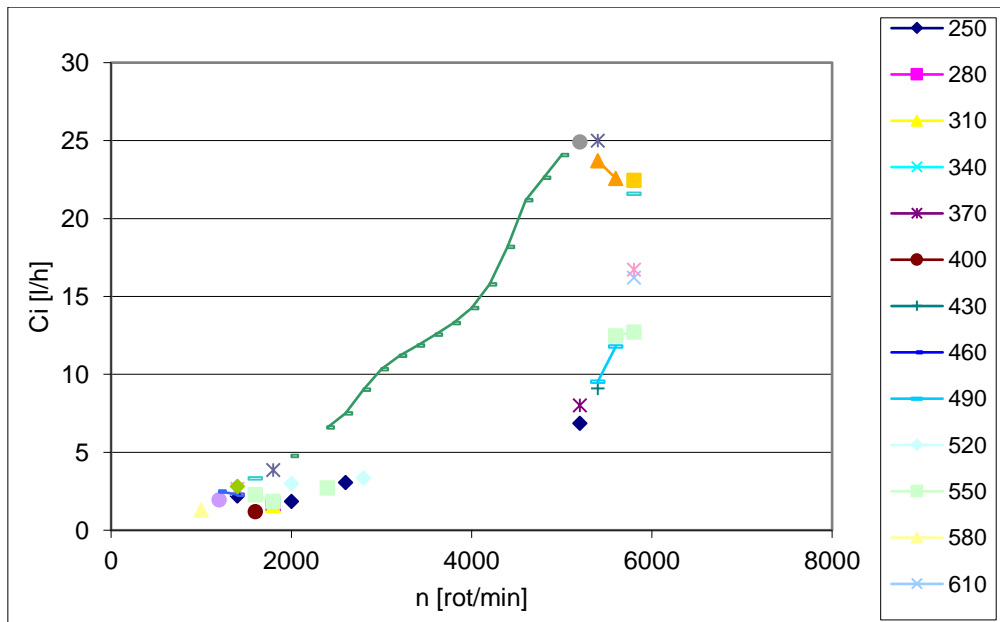


Fig. 4.52 Variație punctiformă a consumului instantaneu de combustibil pentru motorul testat K7J 1.4 MPI

În anexele 3, 4, 5, 6 și 7 sunt prezentate sub formă de grafice și figuri, reprezentările a trei parametri, și anume variațiile pentru timpii de injecție, avansul la aprindere, viteza vehiculului și timpul.

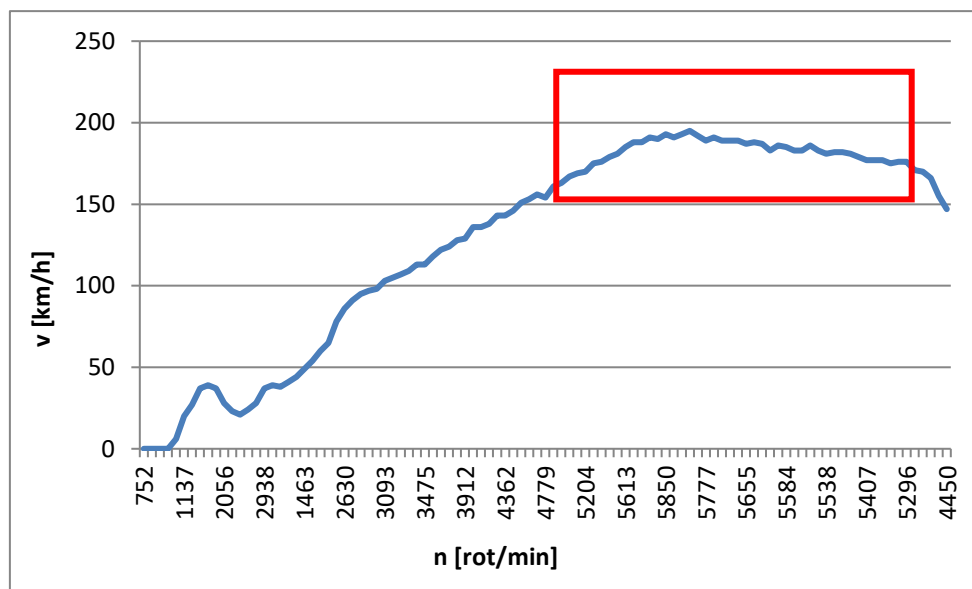


Fig. 4.53 Variația vitezei vehiculului funcție de turație după dezactivarea limitării de turație

Câștigul obținut prin acest procedeu de parametrizare a motorului în vederea îmbunătățirii performanțelor este semnificativ. Se poate câștiga în viteză peste 30% ceea ce este un plus în dinamica autovehiculului.

Ca urmare a activării regulatorului de îmbogățire și a creșterii factorului de îmbogățire ceea ce se traduce printr-o creștere de 66% a consumului de combustibil, ECU, care este centrul funcționării motorului, va fi forțat de a crește timpul de injecție (figura 4.54). Se observa o saturare a timpului de injecție (zona verde) la 10ms, dar din cauza celor prezentate mai sus, ECU va crea un timp de injecție superior (zona roșie) ajungându-se la limita de funcționare a injectoarelor, la 15ms.

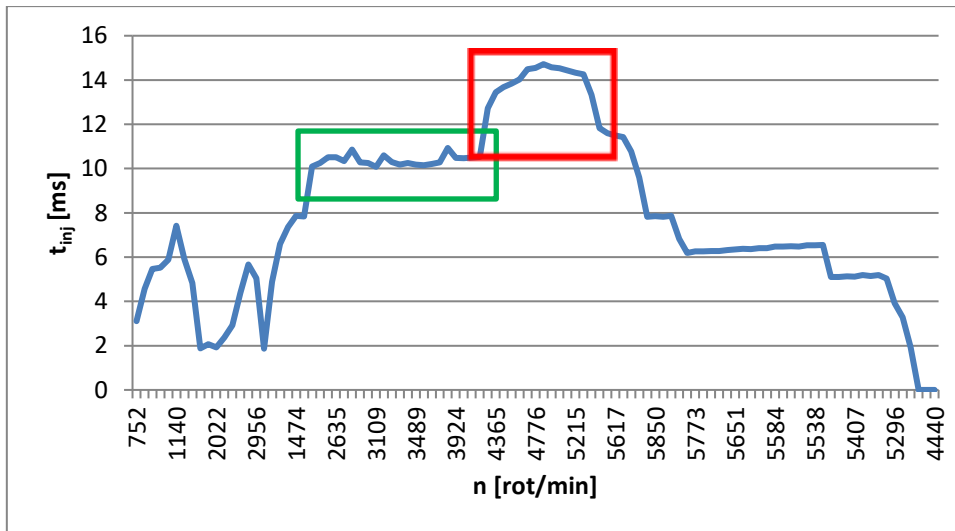


Fig. 4.54 Variația timpului de injecție după dezactivarea limitării de turație

De asemenea se poate observa și variația timpului de injecție în funcție de consumul instantaneu de combustibil în figura 4.55.

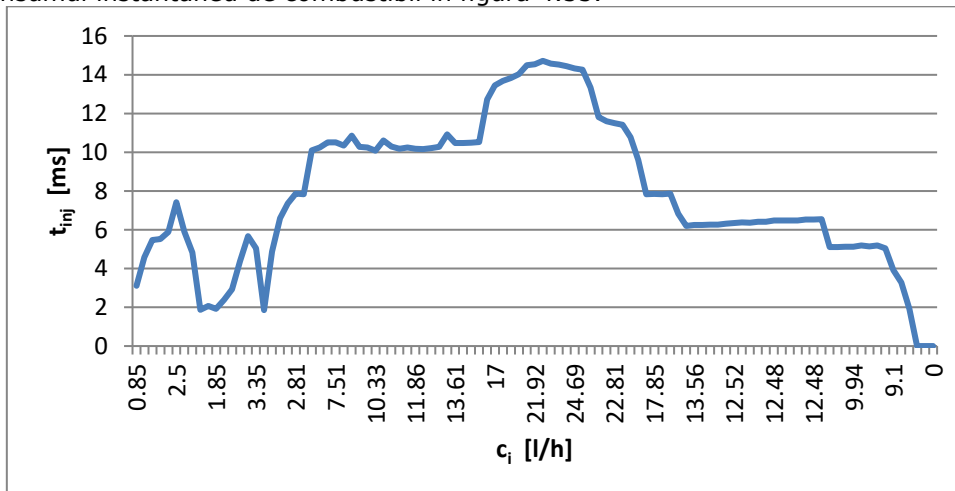


Fig. 4.55 Variația timpului de injecție funcție de consumul de combustibil

S-a reprezentat, print-o imagine 3D, dependența dintre timpul de injecție, implicit modificat de ECU în urma dezactivării limitării turației, consumul instantaneu de combustibil, în litri/oră și turația motorului în figura 4.56

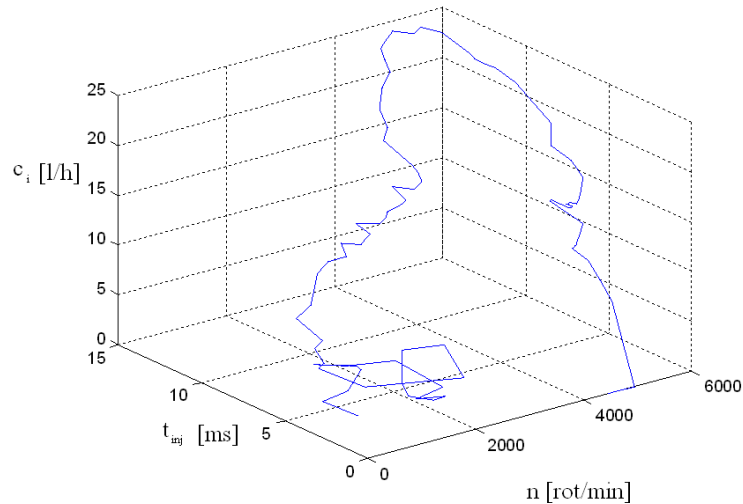


Fig. 4.56 Dependența dintre turație, consumul de combustibil și timpul de injecție

Urmare a celor prezentate anterior se observa în figura 4.57 o creștere a puterii efective a motorului atunci când se depășește turația de 4200 rot/min, curba roșie (curbă măsurată) este poziționată mai sus decât curba de culoare albastră (cea originală data de producător). Se observa de asemenea o liniarizare a curbei de putere peste 4200 rot/min și o creștere cu 7CP a puterii ceea ce corespunde unei creșteri de 12%. Momentul motor efectiv de asemenea prezintă valori crescute comparativ cu cele inițiale, odată cu trecerea peste pragul de 4200 rot/min. În acest caz, creșterea în procente este de aproximativ 25%.

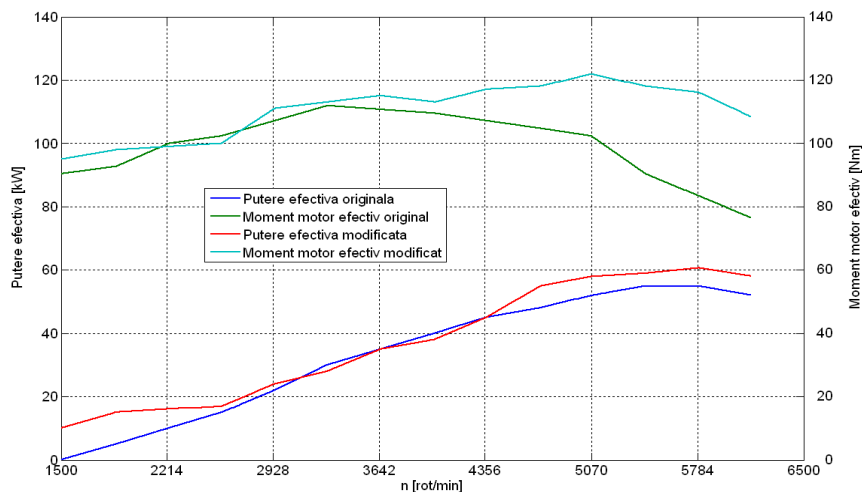


Fig. 4.57 Variația curbelor de putere efectivă și de moment motor efectiv înainte și după dezactivarea limitării turației

Observație: singura modificare are la baza anularea limitării de turație a motorului K7J 1.4MPI ce echipează autovehiculul Logan Dacia, și nu au fost realizate alte modificări constructive care să îmbunătățească și mai mult acest motor.

În urma măsurătorilor experimentale realizate pe standul cu role Maha LPS3000, au fost obținute curbe de putere efectivă și de moment motor efectiv, selectiv (figura 4.58, figura 4.59) fiind prezentat o parte din aceste date pentru vehicul Dacia Logan cu motor 1.4 MPI (tabelul 2).

Tabel 4.2. Date înregistrate pe standul Maha LPS3000 (motor K7J 1.4MPI)

n [rot/min]	P-norm [kW]	M-norm [Nm]	P-wheel [kW]	P-drag [kW]	Environment Temperature [°C]	Intake air Temperature [°C]	Air Humidity [%]	Air Pressure [hPa]	Steam Pressure [hPa]
1459	11.038	43.196	5.329	5.595	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
1698	13.936	46.859	7.229	6.565	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
2057	20.054	55.667	11.499	8.350	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
2296	24.014	59.717	14.007	9.761	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
2655	28.704	61.732	16.588	11.822	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
2894	31.997	63.127	18.513	13.158	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
3253	35.911	63.036	20.093	15.453	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
3492	38.597	63.110	21.021	17.182	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
3851	44.648	66.203	24.097	20.095	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
4090	48.085	67.129	25.575	22.013	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
4449	55.958	71.821	29.966	25.412	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
4688	58.510	71.264	29.956	27.932	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
5047	59.003	66.756	27.054	31.319	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
5286	60.639	65.503	25.876	34.113	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
5457	58.730	59.408	19.454	38.634	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5
5857	44.945	43.816	2.949	41.505	29.9	28.7	65.2	1014.7	27.5

În concluzie, eficiența anulării limitării turației din ECU se poate evidența prin raportul puterilor efective înainte și după realizarea reglajului.

- putere efectivă inițială: 54,4 kW;
  - putere efectivă după efectuarea reglajelor: 60.0 kW;
- Puterea câștigată în urma reglajelor este de:

$$\frac{P_{\max}}{P_{\text{nom}}} = \frac{60}{54.4} \cdot 100 = 11\% \quad (4.22)$$

S-a constata de asemenea o creștere a consumului de combustibil pentru regimul de turații maxime, de ~ 30%, urmare a creșterii factorului de îmbogățire pentru regimul de turații menționat. S-a constata însă și o parte pozitivă cu privire la consumul de combustibil, și anume după atingerea turațiilor maxime de rulare, consumul de combustibil prezintă un palier, la viteze de rulare superioare celor standard, și anume, la viteze cuprinse între 170 km/h și 200 km/h, valoarea consumului de combustibil atinge 12l, situație comparabilă cu rularea la viteze de 130 km/h.

În ceea ce privește momentul motor efectiv s-a constatat că valorile atinse de acesta nu au prezentat creșteri față de valorile nominale, situație destinată unor studii viitoare. Variația puterii efective și a momentului motor efectiv înregistrate pe standul dinamic cu role Maha LPS 3000 se regăsesc în anexa 8.

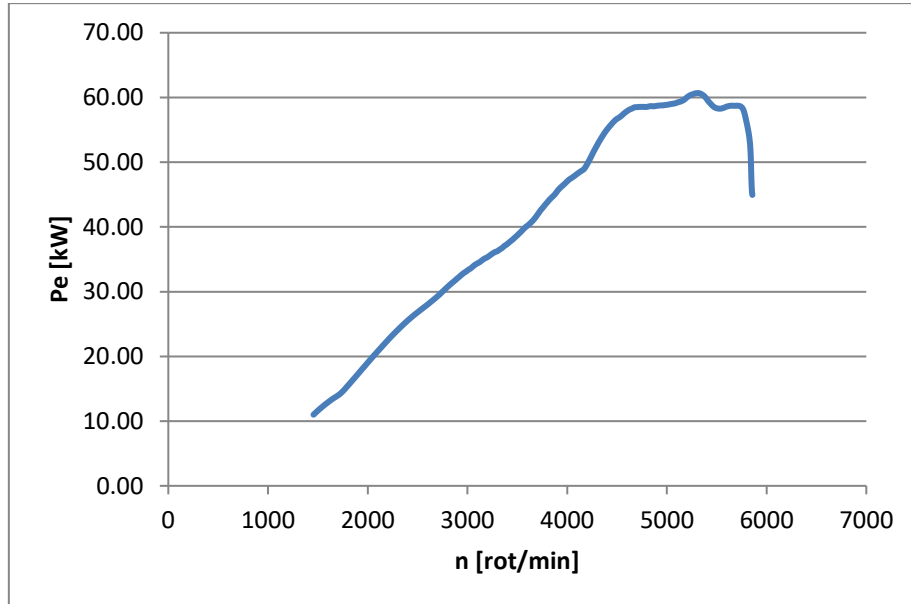


Fig.4.58 Variația puterii efective pentru motorul testat, K7J 1.4 MPI după dezactivarea limitării turației

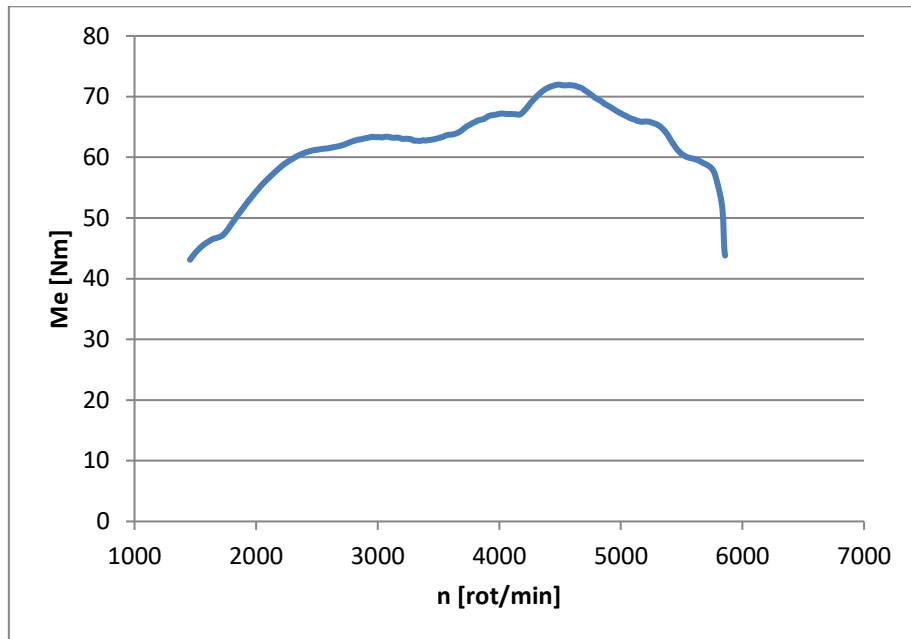


Fig.4.59 Variația momentului motor efectiv pentru motorul testat, K7J 1.4 MPI după dezactivarea limitării turației

#### 4.3.5. Optimizare curbelor de putere și de moment motor pentru motorul testat

Înregistrarea datelor experimentale cu ajutorul programului DDT2000, a făcut posibilă monitorizarea parametrilor de intrare precum și analiza lor cu ajutorul programelor de simulare, scopul fiind optimizarea curbelor de putere și de moment. Parametrii de intrare au fost (figurile 4.60 .... 4.67):

- turația motorului;
- poziție clapetă obturator;
- temperatura aer admisie;
- temperatura agentului de răcire (apă);
- presiunea din colectorul de admisie;
- tensiune acumulator;
- tensiune sondă lambda aval;
- tensiune sondă lambda amonte;
- nivel de zgomot motor;
- temperatură mediu ambiant.

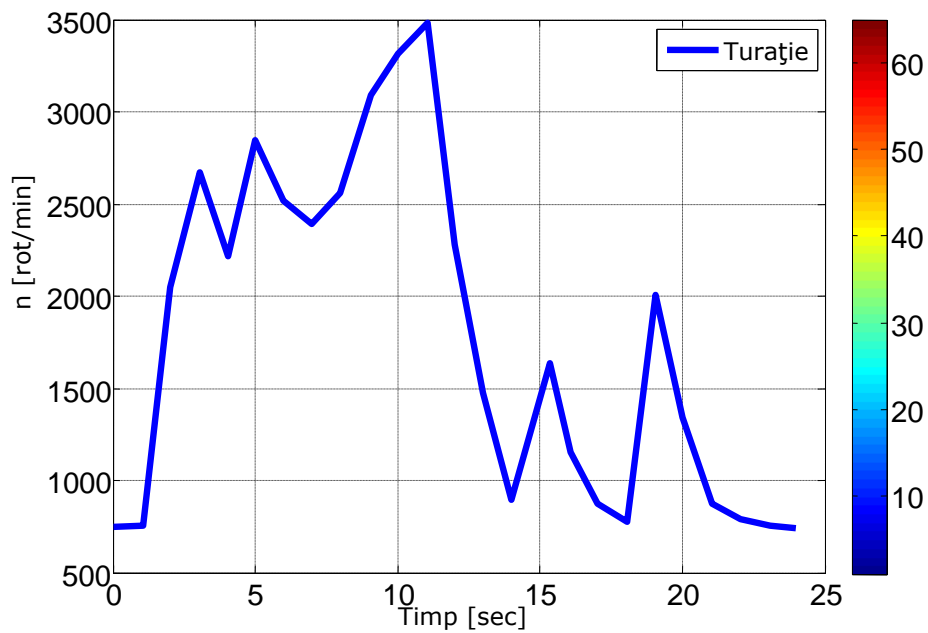


Fig. 4. 60. Variație turație motor testat



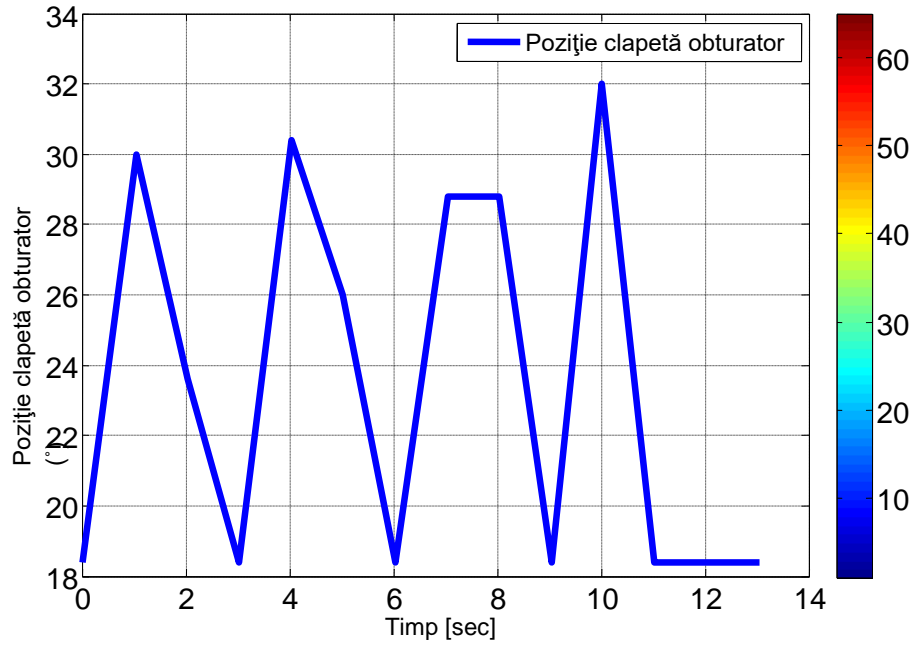


Fig. 4.61. Variație poziție clapetă obturator

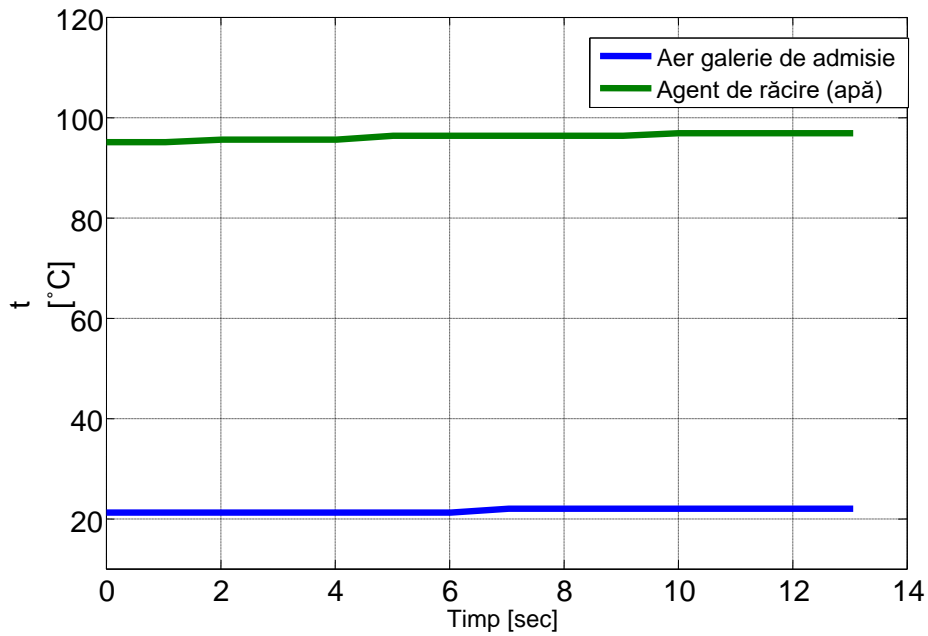


Fig. 4.62 Variație temperatură aer admisie și temperatură agent de răcire (apă)

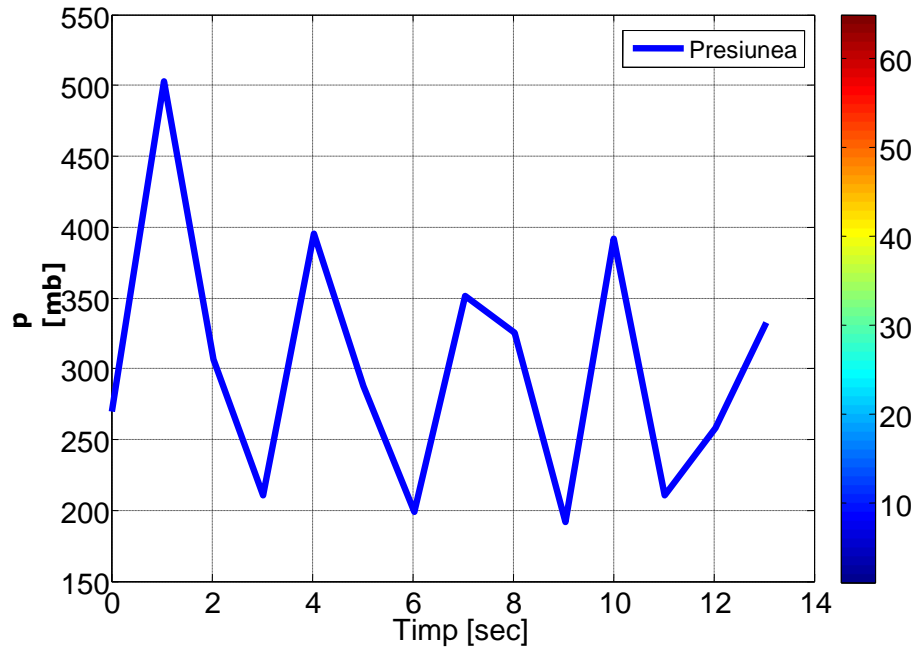


Fig. 4.63 Variație presiune colector de admisie funcție de timp

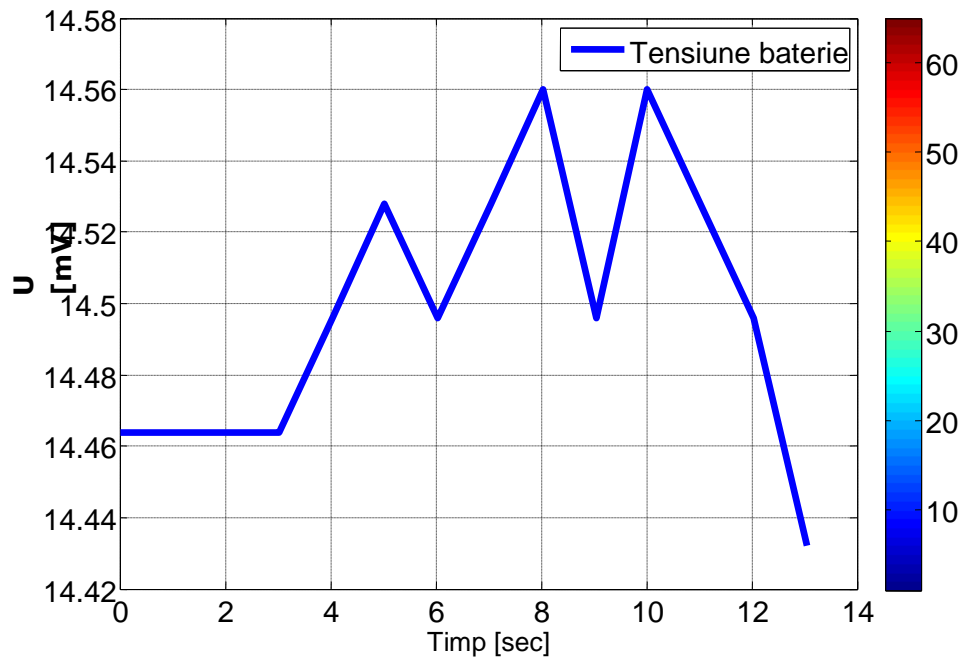


Fig. 4.64 Variație tensiune acumulator

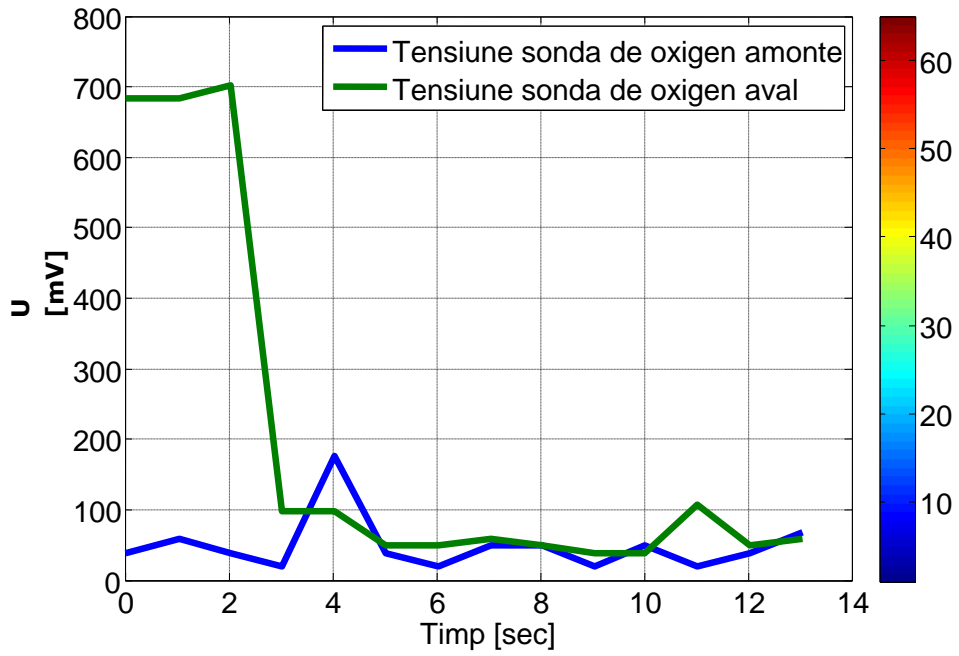


Fig. 4.65 Variația tensiunii senzorului de oxigen: amonte și aval

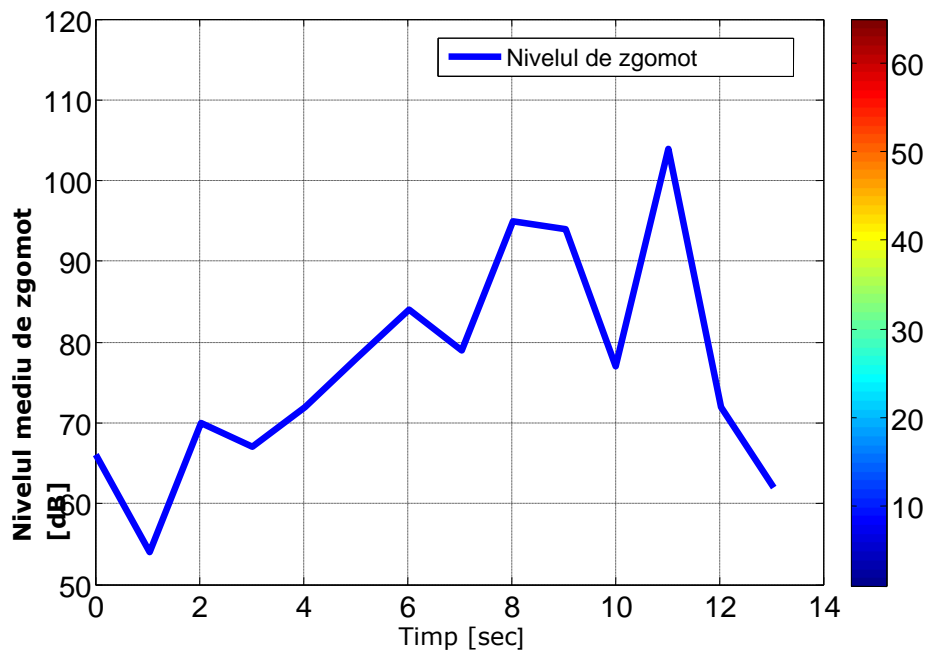


Fig. 4.66 Variația nivelului mediu de zgomot produs în camera cilindrului, măsurat cu senzorul de detoranjie

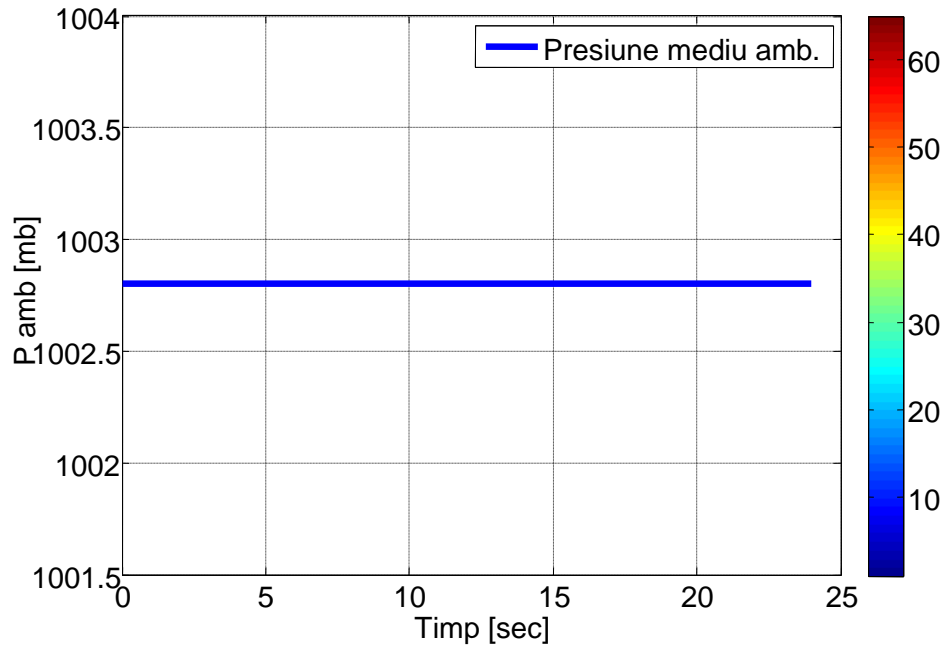


Fig. 4.67 Variație presiune mediu ambiant

În urma analizelor efectuate asupra motorului testat, K7J 1.4 MPI, ce echipază autoturismul Dacia Logan, s-a realizat optimizarea cuplului și a puterii acestuia, cu ajutorul programelor de simulare. Acest lucru s-a realizat în mai multe etape, și anume:

- Achiziție de date;
- Realizare modele de simulare pentru blocul central cât și pentru blocurile din subdiviziuni;
- Realizarea curbelor și a graficelor 3D pentru elementele implicate în variația puterii și a cuplului;
- Aplicarea modelului "Look-up table".

Primele două etape sunt complementare, și anume pe baza datelor achiziționate cu ajutorul programului dedicat DDT 2000, s-au realizat modelele din MATLAB/Simulink, după cum urmează:

- a. Modelul de simulare a pulsului (PWM) pentru generarea semnalului PWM;
- b. Modelul de simulare a injectorului de combustibil, cu determinarea tensiunii pe injector;
- c. Modelul de simulare a injecției de combustibil pentru Logan;
- d. Modelul de simulare a curbelor de putere și de moment pentru motorul testat K7J 1.4 MPI Dacia Logan.

Unitatea electronică de comanda și control a autovehiculului, în general, așa cum s-a menționat, ocupă un loc principal în gestionarea comportamentului motorului. Injecția de combustibil însă are un rol primordial în ceea ce privește variația puterii efective și a momentului motor efectiv. Momentul ideal pentru injecția de combustibil este calculat cu precizie maximă de către ECU, iar modulația

semnalului PWM va conduce la implementarea injectiei de combustibil funcție de parametri reali ai autovehiculului [111], bazându-se pe cerințele de moment ale conducătorului auto. Odată generat semnalul PWM, ECU va gestiona injectia de combustibil, acest lucru realizându-se și prin monitorizarea tensiunii pe injector. În funcție de valoarea pe care o va atinge, în mV, ECU va ști momentul în care trebuie realizată injectia. Modelul de simulare pentru acest scop prezintă variația injectiei de combustibil prin variația tensiunii de pe injector și variația curentului de pe bujie. Etapele de mai sus odată parcurse, ajungem la modelul de simulare privind optimizarea puterii și a momentului motor. Această etapă presupune realizarea modelului de simulare privind achizițiile de referință, și anume turație motor și pedală accelerație.

Optimizarea a avut la bază aplicarea unei tehnologii denumită "Look up table" și anume: având datele de achiziție ale parametrilor de intrare (turație, presiune, temperatură, poziție clapetă obturator, etc.) și având bine definit scopul pe care vrem să îl atingem, avem nevoie de un element intermediar, și anume un tabel, care să face diferența dintre ceea ce ne dorim și ceea ce avem. În termeni matematici, acest algoritm poate fi descris de următoarea ecuație:

$$R=S+L \quad (4.23)$$

Unde,

R – rezultatul;

S – datele de achiziție (startul);

L – Look up Table.

În urma optimizării curbelor de putere și de moment (figura 4.68) se constată o creștere a valorilor acestora odată turația de ralanti. Dacă inițial curba de putere prezenta punctul de pornire în jurul valorii de 2 kW, după optimizare valoarea de start a curbei de putere prezintă 10 kW pentru un regim de funcționare de la ralanti până în jurul turației de 1200 rot/min, lucru foarte avantajos pentru vehiculele destinate curselor auto, unde plecarea de pe loc, în momentul startul, necesită valori ridicate ale puterii motorului.

De asemenea, legat de variație puterii, este și cea a momentului motor, care după optimizare prezintă pe curba grafică valori crescute pentru regimuri de funcționare timpurii. Dacă înainte de optimizare, valoarea momentului motor începea să crească după valoarea de 1700 rot/min, și prezenta valori descrescătoare după 4000 rot/min, după optimizare momentul motor prezintă valori maxime încă de la atingerea turației de 1100 rot/min, precum și o păstrare relativ constanta a acestui moment maxim până după atingerea turație de 5200 rot/min. Acestea sunt tendințele spre care se tinde în situația autovehiculelor de curse, și anume putere efectivă mare încă de la start și un cuplu maxim cu valori cât mai constante, pe toată durata de funcționare

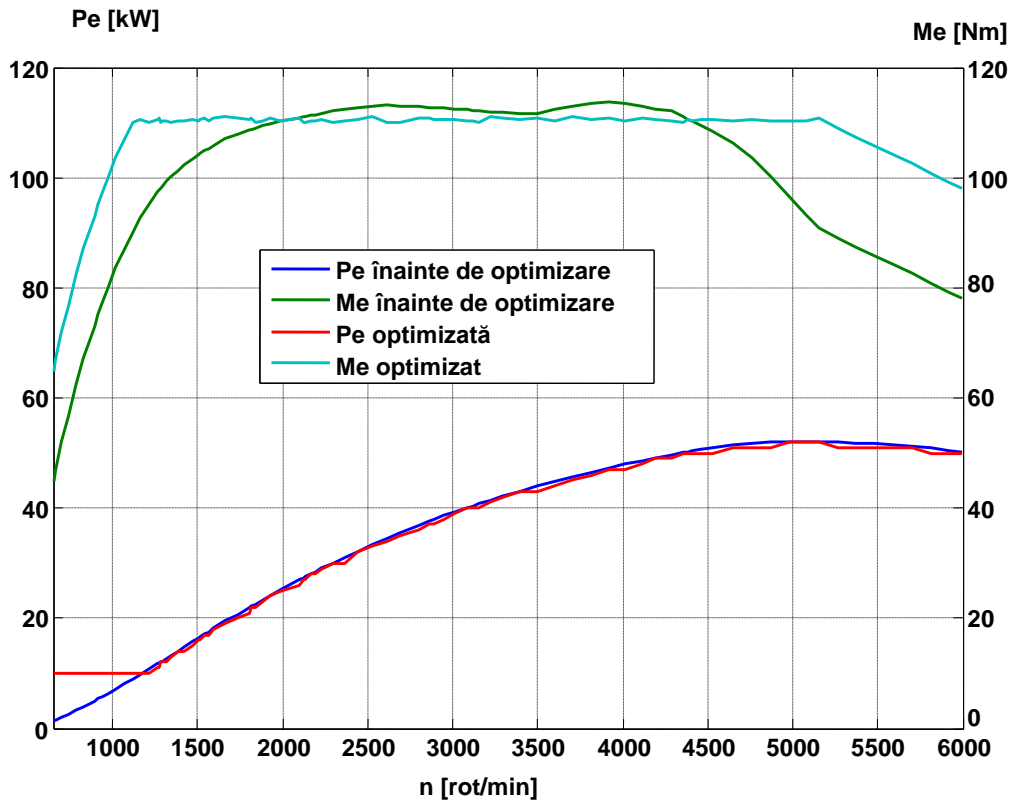


Fig. 4.68 Optimizare PreLookup putere efectivă și moment motor efectiv

#### 4.3.6. Variația timpilor de injecție utilizând Logica Fuzzy

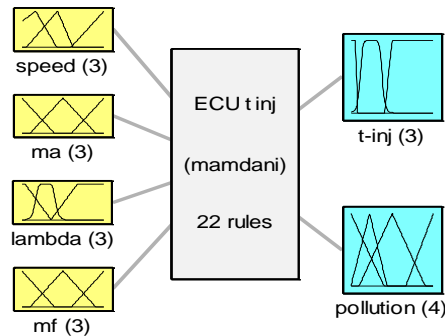
În prezenta lucrare s-a realizat un studiu comparativ privind variația timpilor de injecție cu ajutorul Logicii Fuzzy. Această procedură presupune urmarea unor reguli de bază, impuse în urma scopurilor urmărite și a unor parametri de intrare, în cazul prezentat în această lucrare aceștia fiind achiziționați în timp real de pe motorul testat. Variația timpului de injecție a fost monitorizat și comparat cu variația acestuia obținută prin calcul și prin simulare MATLAB.

Etapele pe care le urmărește logica fuzzy sunt:

- Editarea FIS (Fuzzy Inference System)
- Editarea funcțiilor membrilor
- Editarea regulilor
- Analiza regulilor
- Analiza suprafețelor

Pentru cazul studiat în prezenta lucrare, s-a utilizat logica fuzzy Mamdani. Diagramele FIS ne prezintă parametri de intrare precum și cei de ieșire, legatura

dintre aceștia fiind regulile. Acestea diagrame sunt prezentate în figurile 4.69 și 4.70.

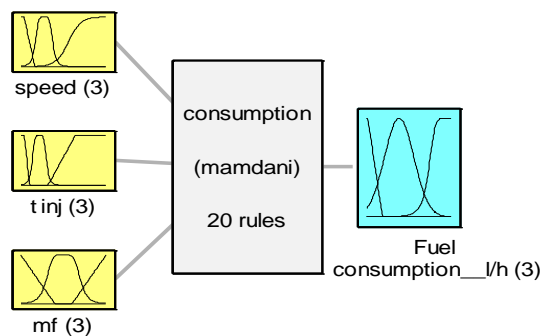


System ECU t inj: 4 inputs, 2 outputs, 22 rules

Fig. 4.69 Diagrama FIS pentru determinarea timpului de injecție și a poluării

Pentru a putea genera variația timpilor de injecție, este nevoie ca regulile să fie bine stabilite de la bun început. S-a realizat o ordine a regulilor care trebuie urmărite, un astfel de tabel se poate analiza în figura 4.71. Odată cu logica fuzzy s-a introdus și un parametru nou denumit poluare, care ține seama de variația semnului lambda (a coeficientului excesului de aer). S-a realizat un model de simulare în care au fost introduși parametri de intrare (figura 4.72).

Logica fuzzy, spre deosebire de logica clasică, care consideră doar două situații, și anume de adevăr absolut, notate cu "1" sau cea de fals absolut, notate cu "0", logica fuzzy presupune și valorile intermediare. Astfel, dacă în logica clasică un obiect aparține – 1 – sau nu aparține – 0 – unei mulțimi date, în logica fuzzy se lucrează cu gradul de apartenență la mulțime al obiectului, acesta luând valori și între 0 și 1 [42],[71].



System consum: 3 inputs, 1 outputs, 20 rules

Fig. 4.70 Diagrama FIS pentru determinarea consumului de combustibil

S-a prezentat un model în figura 4.73, unde se poate observa modul de funcționare a logicii fuzzy pentru un exemplu dat, și anume pentru turaj: logica

fuzzy va lua ca valori pentru turație, între minim și maxim, o valoare medie, care poate varia între aceste două valori de minim și de maxim. Urmând același algoritm pentru fiecare dintre parametri de intrare, și anume, pentru cantitatea de aer, cantitatea de combustibil și pentru coeficientul excesului de aer, logica fuzzy va genera variațiile parametrilor urmăriți ca semnale de ieșire.

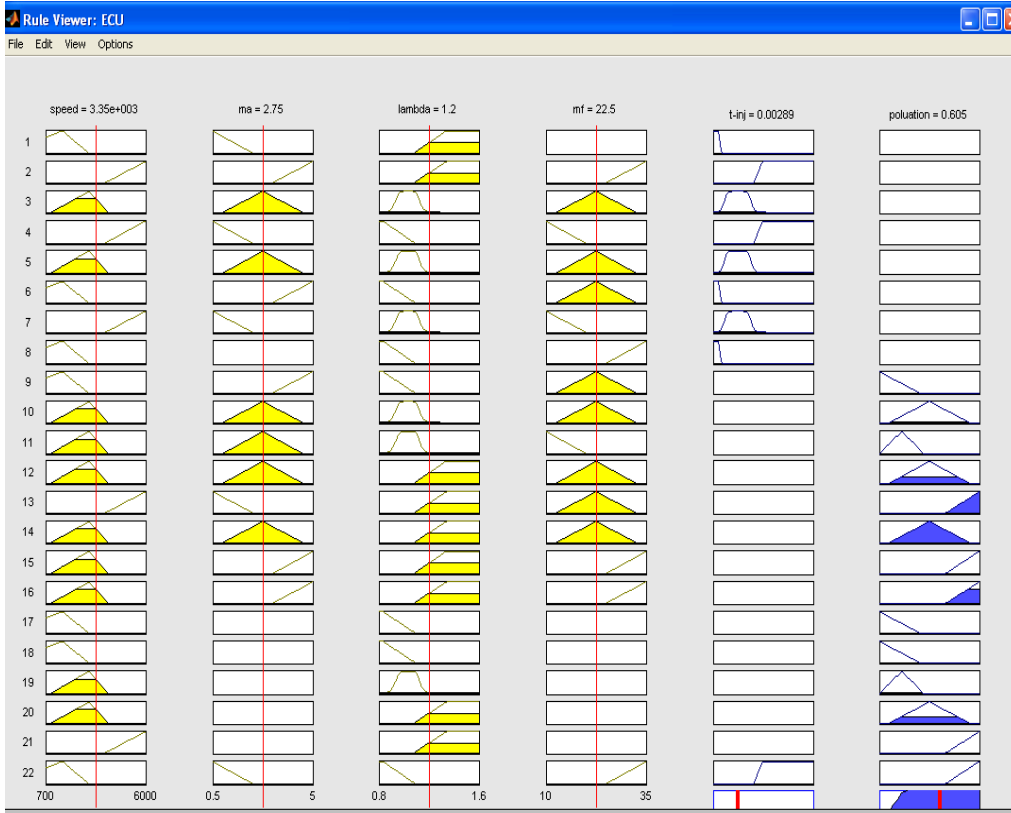


Fig. 4.71 Reguli Fuzzy Logic pentru variația timpilor de injecție și a poluării



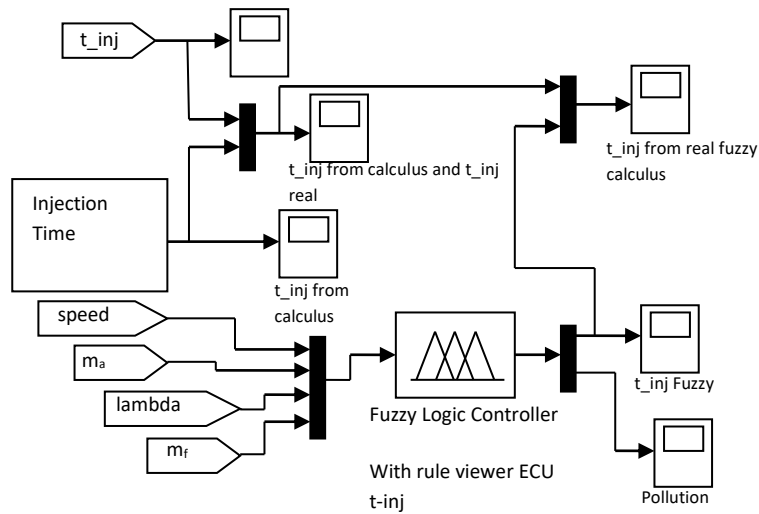


Fig. 4.72 Model de simulare MATLAB/Simulink pentru determinarea timpilor de injecție

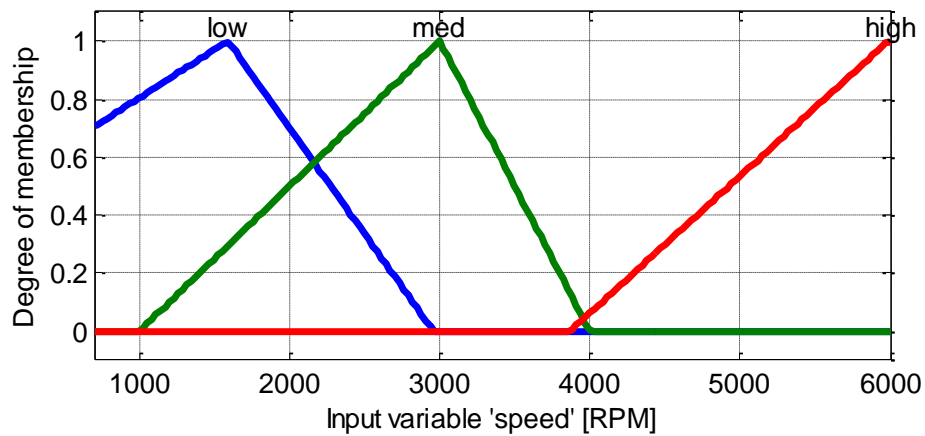


Fig. 4.73 Model logică fuzzy pentru variația turației

Astfel s-a demonstrat faptul că variația timpilor de injecție de combustibil, pe baza datelor de achiziție, înregistrate de pe motorul testat, și folosind logica fuzzy, curba este apropiată de curba variației timpilor de injecție rezultată în urma modelului matematic (figura 4.74). Acest lucru demonstrează faptul că soluție Fuzzy oferă rezultate concrete pentru variații ale parametrilor.

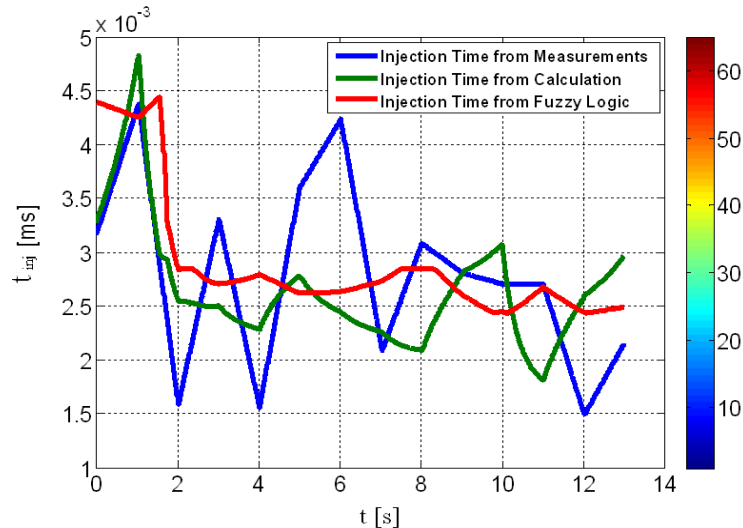


Fig. 4.74 Variația timpilor de injecție prin cele trei soluții

#### 4.4. Concluzii

În urma cercetărilor experimentale realizate asupra motorului testat K7J 1.4 MPI, Dacia Logan, s-a ajuns la concluzia că determinarea timpului de injecție de combustibil, cu ajutorul modulării pulsului (PWM) este un avantaj major, datorită preciziei pe care o oferă. Pregătirea și procesarea datelor, inițial achiziționate în timp real de pe vehiculul testat, privind realizarea modelelor de simulare, au condus la aplicarea monitorizării timpului de injecție de pe vehiculul testat.

Măsurarea timpului și a curentului de pe bujie a fost posibilă cu ajutorul osciloscopului, iar testarea autovehiculului pe standul cu role, la forță de încărcare de 0 N precum și de 2000 N au făcut posibilă realizarea modulației pulsului în vederea modificării timpului de injecție.

S-a constatat că odată cu anularea limitării turației din ECU al motorului anumiți parametri prezintă creșteri cu implicație directă asupra creșterii performanțelor energetice ale motorului. Astfel factorul de îmbogățire prezintă o creștere de peste 100%, consumul de combustibil de asemenea prezintă un palier de creștere, implicit și timpul de injecție pentru funcționarea motorului la turații ridicate, prezintă o creștere de 50%, de la 10 ms la 15 ms. Urmare a modificărilor de mai sus menționate, vehiculul prezintă o dinamică și un comportament foarte bun la rulare pe standul cu role, viteza de rulare atinge valori foarte mari, ~ de 200 km/h, iar puterea efectivă a motorului testat prezintă o creștere de 11%, de la 54.4 kW la 60 kW.

Realizarea unei optimizări a puterii efective și a momentului motor efectiv a fost posibilă cu ajutorul programului de simulare MATLAB/Simulink, situație pentru care s-a constatat o creștere a momentului și o constanță a acestuia pe un palier mare de turații, de asemenea și puterea efectivă a prezentat o valoare crescută încă de la plecarea de pe loc a vehiculului. Cercetări ulterioare vor aprofunda implementarea acestor optimizări.

## **5. CERCETĂRI EXPERIMENTALE ASUPRA REGLAJELOR MOTOARELOR CU AJUTORUL ECU PROGRAMABILE, ȘI IMPLICAȚII ASUPRA PERFORMANȚELOR ENERGETICE ȘI EMISIILOR POLUANTE**

### **5.1. Date preliminare**

Acest capitol abordează modificările realizate asupra motorului Volvo 440 ce echipează autovehiculul Renault 5 GTT, testat experimental, vehicul destinat competițiilor sportive, și prezintă evoluțiile parametrilor monitorizați cu scopul creșterii performanțelor inițiale. Principalii parametri urmăriți au fost curba de putere efectivă, curba de moment motor efectiv și natura gazelor evacuate. Speciile poluante [96] au fost și rămân ținta analizelor privind nocivitatea și influența asupra producerii efectului se seră.

Studiul realizat asupra acestui motor privește cu precădere modificările cu privire la performanțele energetice. Parametrii precum consumul de combustibil nu a fost monitorizat, acest lucru nefiind prioritar pentru scopul urmărit.

ECU a autovehiculelor este cea care gestionează funcționarea la parametri optimi ai acestuia [96]. Ea calculează necesarul de combustibil ce trebuie injectat în camera de ardere, în funcție de presiunea din colectorul de admisie și de turația motorului. ECU va comanda închiderea și deschiderea supapelor injectorului, ținând cont și de alți parametri cum ar fi temperatura aerului și lichidului de răcire din motor, poziția clapetei obturator, poziția pistonului la PMI etc.

Datele tehnice a motorului testat sunt [113]:

- Motor cu aprindere prin scânteie, turbo supraalimentat
- Cilindree – 1721 cm<sup>3</sup>
- Masă – 1060 kg
- 4 cilindri în linie
- Putere maximă – 89.5 kW la 5400 rot/min
- Cuplu maxim – 175 Nm la 3300 rot/min
- Raportul de comprese – 8.1:1
- 0-100 km/h – în 9.6 sec
- Viteza maximă – 198 km/h
- Emisie de CO<sub>2</sub> – 185g/km

Modalitatea de lucru presupune pregătirea autovehiculului precum și a motorului, atingerea temperaturii optime de funcționare, precum și a standului experimental și a aparatelor auxiliare. Pregătirea autovehiculului implică echiparea în prealabil a vehiculului cu anvelope de vară (cele de iarnă nu sunt recomandate pentru efectuarea cercetărilor experimentale din cauza diferitelor materiale de fabricație, comparativ cu cele de vară), verificarea presiunii din pneuri la anvelopele roților motoare, verificarea direcției. Fixarea autovehiculului este necesară datorită normelor de siguranță, precum și poziționarea roților laterale privind protecția împotriva derapării laterale de pe standul dinamic cu role. Pentru asigurarea funcționării motorului la temperatura optimă în fața vehiculului a fost instalat ventilatorul ce face parte din echiparea standard a standului LPS 3000.



Fig.5.1. Motorul testat Volvo 440 turbo, 1.7 MPI ce echipează Renault 5 GTT (vehicul special dedicat competițiilor sportive profesionale)

## 5.2. Controlul lambda la motoarele cu aprindere prin scânteie

Datorită faptului că gazele cu efect de seră au în componență elemente care se regăsesc și în gazele de evacuare ale motoarelor, printre care cel mai important fiind CO<sub>2</sub>, ca o consecință a arderilor incomplete din camera de ardere, inginerii și proiectanții de autovehicule au dezvoltat echipamente în vederea reducerii emisiilor poluante, totul plecând de la procesele din interiorul camerei de ardere [65]. Printre acestea sisteme de reducere a emisiilor se numără catalizatoarele (ceramice sau metalice), amplasate pe tubulatura de evacuare a vehiculelor, precum și sondele de măsurare a gazelor arse provenite din interiorul camerei de ardere.

Situațiile în care motoarele emit cantitativ mai multe noxe sunt cele caracterizate de regimuri de funcționare cu amestec îmbogățit, accidental sau voluntar. În general aceste regimuri sunt caracterizate de arderi incomplete, pentru care reglajele stabilite inițial pentru o funcționare optimă, nu mai sunt valabile [68]. În urma cu cca. 35 de ani, inginerii și proiectanții auto au dezvoltat un senzor denumit sonda lambda - care poate măsura cantitatea de oxigen conținut în gazele de evacuare în urma procesului de ardere al motorului, cu scopul de a modifica continuu cantitatea de combustibil introdusă pe ciclu, reducând efectul de poluare produs de către motoare. Acest senzor este localizat de-a lungul sistemului de evacuare, înaintea convertorului catalitic în cazul autovehiculelor echipate cu normele Euro1 și Euro 2, iar în cazul motorizărilor Euro 3, Euro 4 și Euro 5, atât înainte cât și după catalizator. Sonda lambda sporește eficiența catalizatorului, implicit reducând emisiile de noxe în atmosfera. Funcționarea senzorului de oxigen poate fi controlată și în funcție de regimul la care este supus motorul. Spre exemplu, la rularea autovehiculului în sarcină maximă, la viteze de vârf, pentru a

menține viteza, sistemul este dezactivat pentru a preveni sărăcirea exagerată a amestecului, oferind funcționalitate motorului pentru acest regim.

Senzorul de oxigen a fost dezvoltat cu scopul de a regla amestecul carburant – acționând indirect asupra injecției de benzină [55] - astfel încât amestecul să fie favorabil regimului de moment al motorului. Dacă sonda detectează prea mult oxigen în gazele evacuate, denotă faptul că motorul funcționează cu un amestec sărac; prin urmare, cantitatea de benzină poate fi crescută (cu ajutorul unității electronice de control a autovehiculului). Dacă însă cantitatea de oxigen din gazele de evacuare prezintă valori mici, înseamnă că amestecul carburant este prea bogat și ECU reduce cantitatea de benzină din admisie.

Senzorul constă dintr-un conductor de curent electric al cărui intensitate variază în funcție de cantitatea de oxigen care traversează sonda. În interiorul acesteia există un material ceramic poros, și anume dioxid de zirconiu ( $ZrO_2$ ). Intensitatea curentului prin placa de zirconiu variază în funcție de numărul de molecule de oxigen care traversează materialul ceramic. Deoarece sonda de oxigen funcționează optim doar la temperaturi mari, până în momentul gazele evacuate din camera de ardere ating temperaturi mai mari, optime funcționării în parametri normali ai senzorului, de 400-500 °C, sonda este încălzită de o rezistență din interiorul ei, după care căldura îi va fi furnizată direct de temperatura gazelor evacuate.

Autovehiculele mai noi, echipate cu motorizări Euro 3, Euro 4, Euro 5, au două sonde de oxigen: una amplasată înaintea catalizatorului – pentru optimizarea amestecului aer/combustibil (AFR), și una după catalizator – pentru verificarea eficienței catalizatorului [83]. Constructorii recomandă verificarea sondei la fiecare 30 000 de kilometri sau la fiecare doi-trei ani de funcționare a mașinii și schimbarea sondei în cazul când apar probleme în funcționarea acesteia.

Sonda lambda are rolul de a măsura cantitatea de oxigen din gazele evacuate apoi trimițând semnalul sub forma de tensiune (în Volți) către unitatea electronică de comandă. ECU folosește semnalele primite de la sonda pentru a ajusta amestecul în vederea obținerii amestecului stoechiometric: 14,7kg aer la 1kg benzină, pentru care așa-numitul factor lambda  $\lambda=1$ . Valorile de ieșire ale senzorului variază între aproximativ 0.1V (în cazul amestecului sărac) și 0.9 V (în cazul amestecului bogat), variația ideală fiind în jurul valorii de 0.45 V. Realizarea optimă a amestecului asigură o eficiență și o durată de viață maximă a catalizatorului. O sondă lambda uzată poate cauza un consum excesiv de benzină, emisii de noxe crescute, uzura excesivă a catalizatorului și scăderea performanțelor autovehiculului.

### 5.2.1. Clasificare sonde lambda

Sondele lambda se pot clasifica după mai multe criterii: după designul elementului din ceramică, a elementului de încălzire și a tubului de protecție.

- a. Sonda lambda neîncălzită – acesta a fost primul model de sondă lambda, produs de firma Bosch în anul 1976. Este format dintr-un element ceramic cu dioxid de zirconiu pentru a genera tensiune într-un mediu cu un conținut ridicat de gaz (oxigen insuficient).
- b. Sonda lambda încălzită – a fost produsă de aceeași firmă, Bosch, în anul 1982. Funcționează după aceleași principii ca și sonda neîncălzită, doar că în interiorul manșonului se află un element de încălzire special, care aduce senzorul la temperatura de funcționare în aproximativ 30-60 de secunde.

- c. Sonda Planară – a fost lansată de Bosch în anul 1997. Utilizează aceeași tehnologie senzorială din ceramică cu dioxid de zirconiu, însă este mai compactă și mai plată (de aici și denumirea).
- d. Sonda planară de bandă largă (Wide Band) – Este cea mai nouă sondă lambda și oferă precizie sporită necesară pentru a întruni cele mai recente cerințe privind emisiile. Se utilizează un element ceramic planar cu dioxid de zirconiu, astfel încât se încălzesc mult mai rapid decât alte tipuri de senzori, reducând emisiile în cazul pornirii la rece. Suplimentar, senzorii sunt utilizați la motoarele recent dezvoltate cu injecție directă de benzină.
- e. Sonda lambda cu titan – Acești senzori utilizează un tip diferit de tehnologie pentru detectarea oxigenului și anume în loc de a genera un semnal de tensiune, care se modifică odată cu raportul aer/carburant, se modifică rezistența sensorului.
- f. Sonda lambda LSU ADV – Este sonda de oxigen dezvoltată de firma Bosch destinată motoarelor diesel. Datorită marilor probleme legate de nocivitatea noxelor produse de motoarele diesel, sonda LSU asigură o reducere semnificativă a nivelului noxelor. Este gata de acțiune în doar 5-20 secunde, oferind un control continuu, acoperind o plajă pentru  $\lambda = (0.65.....2.0)$ . Sonda LSU Wide band (bandă largă) a fost produsă special pentru autovehiculele cu motoare diesel supraalimentate. Durata de viață a acestora poate asigura până la 160.000 km, însă trebuie avută în vedere calitatea combustibililor precum și contactul cu uleiul de motor.



Fig. 5.2 Sonda lambda LSU ADV destinată motoarelor diesel [93]

### 5.2.2. Defectare sondă lambda

Defectarea sensorului de oxigen duce la funcționarea defectuoasă a motorului. De asemenea și defecțiunile de etanșare a admisiei de aer, a circuitelor de reglaj vacuumatic - așa-numitul aer fals – va induce în eroare sensorul de oxigen care va furniza informații cum că amestecul carburant este prea sărac ( $\lambda > 1$ ). Prin urmare, ECU al autovehiculului va comanda mai multă benzină (corespunzător cantității de aer aspirat în mod normal, plus aerul fals) iar motorul va funcționa cu detonații în evacuare, eventual se "îneacă".

După reglajul amestecului carburant necesar unei arderi cât mai bune, gazele evacuate ajung în catalizator unde gazele sunt oxidate la contactul cu platina și celelalte materiale de reacție. Rularea unui autovehicul cu sonda de oxigen defectă va conduce la furnizarea de amestecuri bogate, rezultând un consum crescut de combustibil, deteriorarea în scurt timp a catalizatorului, precum și uzura prematură a motorului, provocată de excesul de benzină.

Semnalele unui senzor defect sau lent nu sunt întotdeauna evidente sau măsurabile. Printre simptomele sondelor lambda defecte se enumeră eșec la testul emisiilor (caracteristic, o concentrație mare de CO și/sau HC) [98], catalizator deteriorat (cauzat de o concentrație mare de carburant), consum crescut de carburant (cauzat de o concentrație mare de carburant), motorul funcționează neregulat.

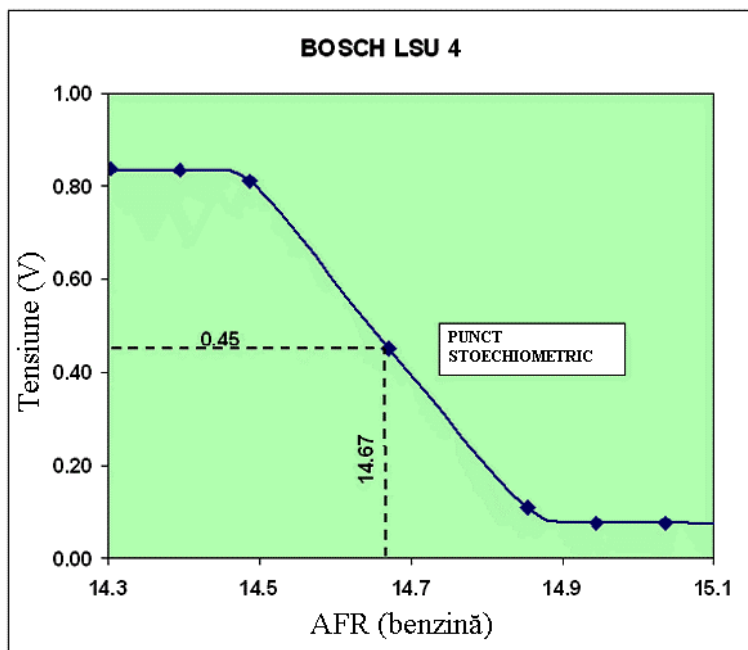


Fig. 5.3 Variație tensiune sondei lambda LSU 4 [93]

Senzorul de oxigen se poate defecta prematur dacă este contaminat cu fosfor rezultat în urma consumului excesiv de ulei, sau silicium din scurgerile sistemului de răcire, utilizarea produselor de etanșare din silicium în motor și unii aditivi pentru carburant. Chiar și o cantitate redusă de benzină slab rafinată poate defecta o sondă lambda. Factorii de mediu, precum stropii de pe șosea, sarea, uleiul și murdăria pot cauza defectarea senzorului, ca și șocurile termice, tensiunea mecanică sau manevrarea incorectă.

Verificarea nu este complicată dar trebuie să se facă obligatoriu în service și de către personal calificat. O sondă defectă poate fi detectată rapid și ușor cu un volt-ohm-metru digital.

Avantajele pe care le oferă o sondă lambda privesc două planuri și anume cel al reglajelor de putere și cel al reducerii noxelor evacuate de către autovehicule. Imaginea de mai jos ne prezintă schematic 3D imaginea unei camere de ardere a unui motor termic, cu aprindere prin scânteie.





Fig. 5.4. Cameră de ardere motor cu injecție directă de combustibil [115]

### 5.3. Reglaje privind variația performanțelor și natura gazelor evacuate pentru motorul testat Volvo 440 turbo

Motorul testat, Volvo 440 Turbo aspirat, de cilindree 1.7, care echipază autovehiculul Renault 5 GTT, a fost înscris în circuitul competiții sportive profesionale pe plan național și internațional. Motorului i s-au efectuat o serie de modificări la nivelul elementelor mecanice, precum galerie de admisie, galerie de evacuare, suspensii sport, etc., însă modificarea principală adusă acestuia a fost echiparea cu un ECU programabil de sine stătător, denumit *stand alone* [18], [114].

Modificarea parametrilor motorului cu ajutorul calculatoarelor de bord programabile reprezintă un avantaj major comparativ cu chip tuningul sau cu alte soluții la care se apelează în vederea creșterii puterii motoarelor, datorită avantajului pe care îl oferă prin reglajele care se realizează în timp real, completat cu posibilitatea reglării limitelor de variație ale senzorilor motorului.

Conectarea acestor unități de comandă la unitatea centrală a autovehiculului se realizează cu ajutorul mufei OBD II [36], [39], [40]. Adițional se adaugă elemente de monitorizare, și anume ceasuri pentru măsurarea amestecului carburant – prin parametrul AFR digital – ceas pentru monitorizarea temperaturii gazelor de evacuare (EGT – exhaust gas temperature), ceas pentru monitorizarea variației boost-ului (în limba engleză *boost = a crește, a spori, a stimula*). Prin *boost* se înțelege cantitatea de aer cu care presiune din colectorul de admisie depășește presiunea atmosferică.





Fig. 5.5. Afișaj variație boost [114]



Fig. 5.6. Afișaj variație AFR [114]

Utilizarea unităților electronice de comandă implică și realizarea de tuning la nivelul motorului. Primul element înlocuit a fost filtrul de aer, fiind înlocuit cu unul conic, figura 5.7, specific autovehiculelor sportive, permițând unei mase mai mari de aer să fie admisă de motor. A fost înlocuită și galeria de admisie standard cu galerie de admisie cu dimensiuni mai mari, figura 5.8, de asemenea pentru o admisie de aer mult mai bună, care să poată asigura necesarul de aer arderii în urma modificărilor realizate din unitatea electronică de comandă.

Senzorul de oxigen (sonda lambda) a fost de asemenea înlocuit cu un alt senzor mult mai performant. Senzorul clasic de oxigen prezintă o *plajă îngustă* (în limba engleză – *narrow band*) pe care valorile, în mV, pot varia în intervalul 0 - 1..1,2 mV, în schimb sonda lambda cu *bandă largă* (în limba engleză – *Wide band*) permite sondei lambda să atingă valori mult mai mari în mV, între 0 ...2,5 mV, acest avantaj răsfrângându-se asupra controlului amestecului carburant, care astfel devine mult mai avantajos privind creșterea performanțelor. Sondele lambda comune, cu bandă îngustă, emit semnale pentru două valori, și anume pentru amestec bogat sau amestec sărac, pe când sondele cu bandă largă emit un semnal care este direct proporțional cu raportul aer-combustibil semnal emis de către controlerul de injecție de combustibil. Aceste sonde lambda oferă răspuns pentru schimbarea amestecului în mai puțin de 100 milisecunde.

Controlul și reglajele realizate asupra motorului se pot realiza în două moduri, și anume:

- Pe drum stradal, unde reglajele se realizează în timp real, însă controlul comportamentului motorului nu este optim în această situație, dezavantajul fiind necesitatea a două persoane implicate în realizarea reglajelor.
- Pe standul dinamometric cu role, unde reglajele se realizează la parametri funcționali relativ constanți (presiunea ambiantă, umiditate relativă, temperatură mediu ambiant), iar comportamentul motorului pe standul dinamic este foarte bun. Această metodă a aplicată și pentru lucrarea de față.

Modificările mecanice care s-au realizat asupra motorului testat au fost: arbore cotit forjat, biele forjate, pistoane forjate, volantă ușurată, injecție electronică MSQ

III, injectoare 268 cc la 3 bari, regulator reglabil presiune combustibil, turbocompresor G60 (viteză maximă 14000 rot/min), traseu de evacuare din material inoxidabil la dimensiunea de 63.5 mm, traseul de admisie la dimensiunea de 60 mm, intercooler, bujii NGK BKR7ET destinate în special prevenției apariției detonațiilor.

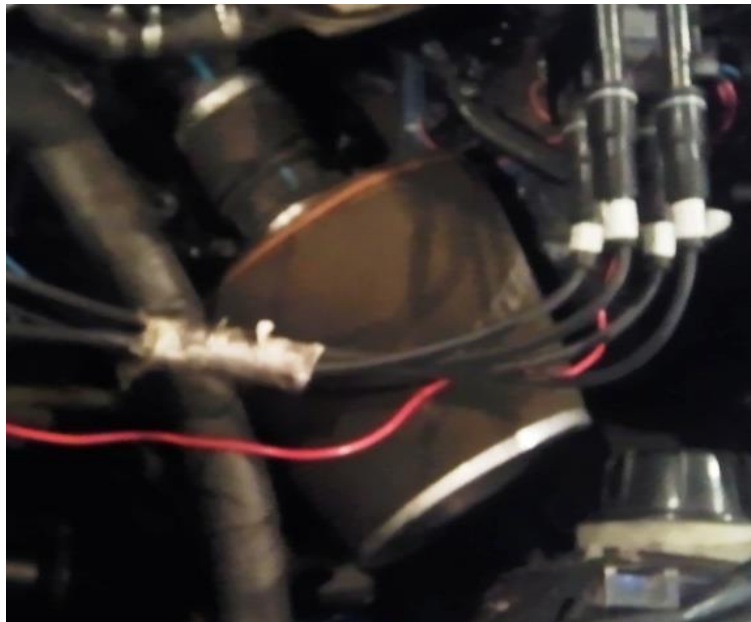


Fig. 5.7. Filtru de aer conic de pe motorul testat

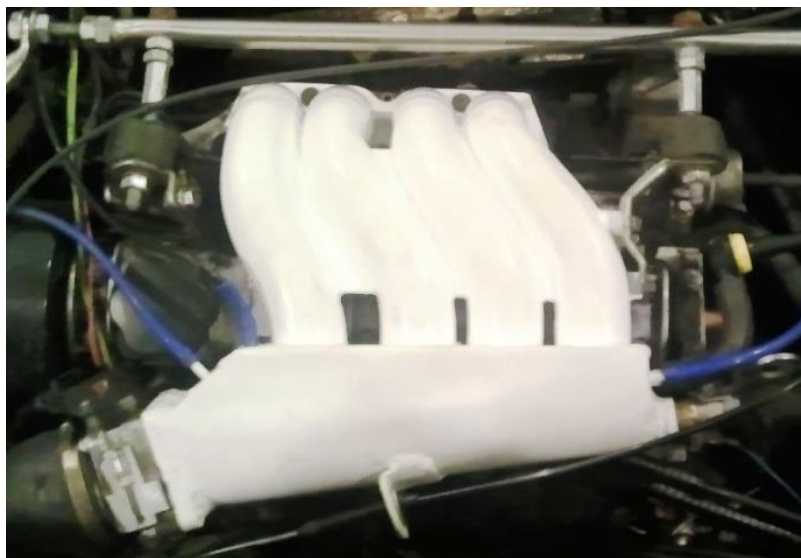


Fig. 5.8. Galerie de admisie modificată de pe motorul testat

Măsurătorile experimentale au fost realizate pe standul dinamic LPS 3000, acesta oferind posibilitatea simulării condițiilor de trafic. Au fost calculați coeficienții pentru datele de intrare ale autovehiculului testat, precum și standul a fost pregătit. Vehiculul a fost asigurat (fixat) de pardoseală pentru a oferi siguranță pe durata măsurătorilor.

Pentru studiul comportării autovehiculului în cazul modificărilor realizate cu ajutorul ECU programabil, [17], s-a urmărit variația amestecului carburant, a timpului de injecție, a sezonului de oxigen, a consumului de combustibil precum și a gazelor de evacuare.

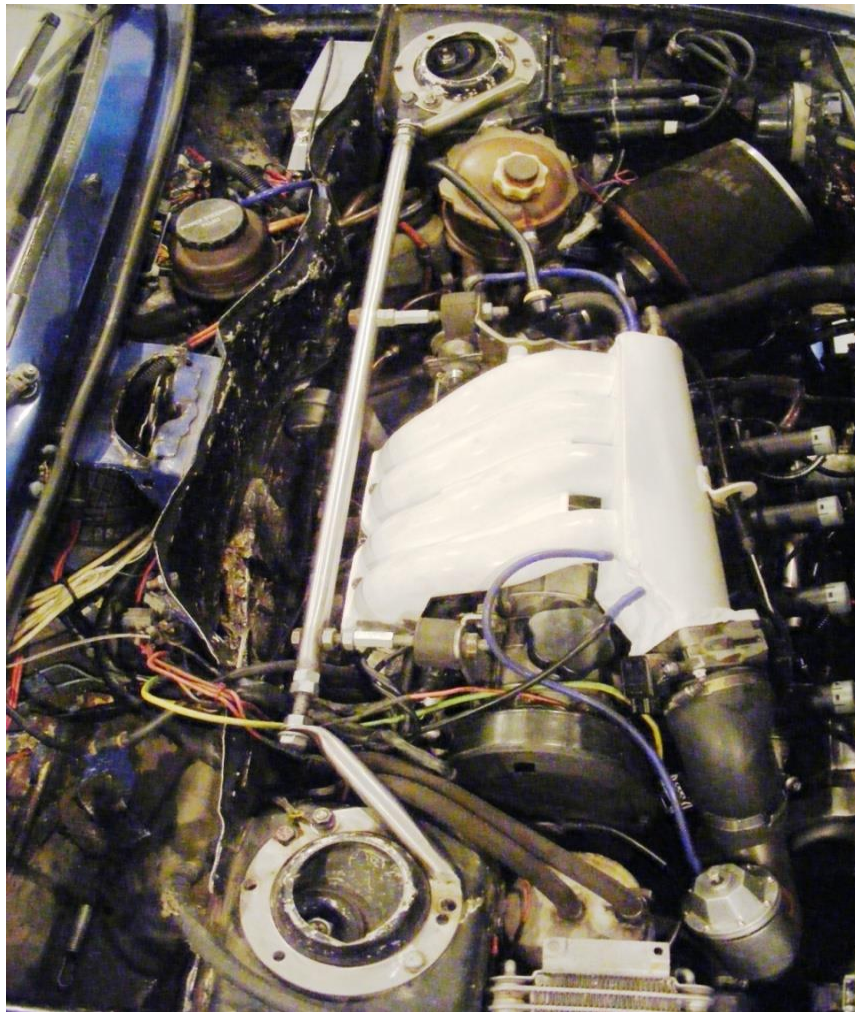


Fig. 5.9 Motorul testat Volvo 440 turbo 1.7

#### 5.3.1. Obiective

Utilizarea acestui echipament vizează strict creșterea performanțelor energetice ale autovehiculului pe care îl echipează. Modificarea valorilor de pe curbele de putere și de moment în urma aplicării acestui sistem sunt o dovadă că acest echipament este eficient și poate fi utilizat. Se dorește obținerea de valori

crescute pentru putere și moment pentru diferite regimuri de funcționare ale autovehiculului, totodată analizându-se și variația elementelor poluante [10], [7].

Această modalitate de creștere a performanțelor motoarelor este răspândită atât printre conducătorii auto obișnuiți, dar mai ales printre pasionații de curse auto. Acest al doilea caz, cel pasionaților de curse auto, a fost analizat pentru teza de doctorat.

Motorul testat este un motor cu aprindere prin scânteie, turbo aspirat, acesta suferind, pentru început, doar modificări mecanice, în dorința obținerii de performanțe crescute. Cursele auto au demonstrat că aceste modificări nu sunt suficiente, electronica autovehiculului [106] precum și controlul acesteia fiind păstrate, iar eficiența modificărilor mecanice asupra motorului, nu au oferit un maxim de performanțe, dovadă fiind cursele auto necâștigate. În această situație, chiar dacă unele limitări mecanice au fost înlăturate, cele legate de un control optim al funcționării motorului nu se puteau realiza decât din unitatea electronică de comandă și control. Și cum în unitate nu se poate intra ușor, din punct de vedere al softului sau al modificărilor care se pot realiza (de exemplu flash tuning-ul), aici intervine ECU programabil.

Aplicarea acestei soluții a venit din dorința de a putea realiza un control optim al comportamentului motorului și al autovehiculului pe durata funcționării la diferite regimuri [61], [62], așa cum sunt cele la care este supus motorul pe durata curselor auto.

### 5.3.2. Puncte de plecare

Pentru a putea fi realizată echiparea autovehiculului cu acest sistem programabil, este necesar a fi prezentată metoda de lucru. Au fost achiziționate piesele componente și realizată asamblarea acestora, piesă cu piesă, urmând pașii pentru acest scop. Odată realizată fizic unitate programabilă, a fost realizat și un simulator [78], o altă unitate electronică, cu scopul de se verifica funcționalitatea ECU programabil, prin simularea de semnale input și analiza semnalelor output [22], [96]. Acest sistem lucrează în buclă închisă, analizând eficiența modificărilor realizate din ECU programabil.

Conectarea sa realizat cu ajutorul mufei OBD II, prin urmare, schema bloc de funcționare a întregului ansamblu este prezentată schematic în cele ce urmează:

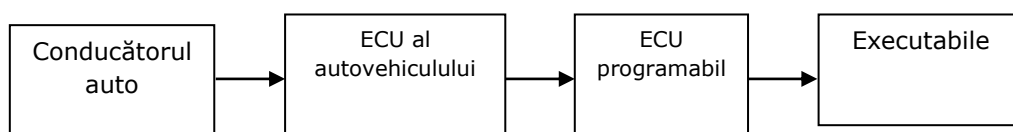


Fig. 5.10. Schemă bloc de funcționare a autovehiculului cu ECU programabil inclus

Comenzile date de către conducătorul auto sunt inițial preluate de către ECU al autovehiculului, însă semnalele de ieșire emise de către ECU sunt preluate de către a doua unitate electronică de comandă și control, ECU programabil [13]. Aceasta unitate programabilă va prelua semnalele generate de către ECU al autovehiculului, realizând astfel un control mult mai bun al autovehiculului.

Softul utilizat poartă denumirea de Mega Log Viewer, permițându-ne vizualizarea reglajelor realizate, prin grafice și tabele de valori, pentru diferite regimuri de funcționare.

Astfel, o imagine de ansamblu a softului este prezentată în fișura 5.11.



Structura pe care se poate urmări variația parametrilor modificabili urmărește evidențierea principalilor parametri din cei peste 50 care poți fi monitorizați. Astfel, pot fi afișate patru grafice pentru monitorizarea parametrilor, însă pentru o mai bună vizualizare, s-a ales afișarea doar a trei grafice.



Fig. 5.11. Imagine de ansamblu a softului utilizat la efectuarea reglajelor privind creșterea performanțelor motoarelor

Primul grafic din figura 5.11 corespunde pentru monitorizarea următorilor parametrii:

- *turația motorului*,  $n$  [rot/min], pe grafic fiind prezentă doar unitatea de măsură [RPM]. Acest senzor se mai numește și senzorul Hall sau senzorul de pe volan, și informează ECU al autovehiculului despre poziția pistonului astfel încât la fiecare trecere a pistonului prin PMI, va fi emis un semnal către unitatea electronică de control.
- *presiunea absolută din galeria de admisie*, pe grafic afișându-se MAP (Manifold Absolute Pressure – din limba engleză). Senzorul de presiune furnizează informații instantanee către ECU cu privire la presiunea aerului din galeria de admisie. Datele sunt utilizate pentru determinarea volumului de aer, care la rândul său furnizează informații pentru determinarea cantității de aer și implicit a cantității de combustibil necesar unei arderi cât mai complete.

- *Poziția clapetei obturator*, pe grafic afișându-se TP (Throttle Position – în limba engleză) senzor care oferă informații cu privire la variația în grade a clapetei obturator, consecință a apăsării pedalei de accelerație în funcție de regimul care se dorește a fi atins.

Al doilea grafic din figura 5.11 prezintă monitorizarea următorilor parametri:

- *Amestecul carburant*, pe grafic afișându-se AFR (Air Fuel Ratio), senzor care oferă informații cu privire Variația coeficientului excesului de aer, lambda. Valorile de referință sunt cele pentru valoarea stoechiometrică a AFR, care se poate exprima astfel
- *Durata impulsului*, (în limba engleză Pulse Width).
- *Duty Cycle*.

Al treilea grafic din figura 5.11 prezintă monitorizarea următorilor parametri:

- *Temperatura absolută din galeria de admisie*, pe grafic afișându-se MAT (Manifold Air Temperature), senzor care oferă informații cu privire la temperatura aerului din galeria de admisie.
- *Temperatura agentului de răcire*, pe grafic afișându-se CLT (Coolant Temperature), senzor care oferă informații cu privire la Variația agentului, pe durata efectuării reglajelor precum și pe durata de funcționare a vehiculului.

Monitorizarea parametrilor care au fost prezentați mai sus oferă informații foarte importante în vederea efectuării reglajelor privind creșterea performanțelor motoarelor. De asemenea, acești parametri pot fi înlocuiți cu alții, în funcție de ceea ce se dorește a fi atent monitorizat, motivul fiind posibilitatea urmării variației acestora prin curbe grafice.

De asemenea, cele două tabele din partea dreaptă reprezintă matricea după care se fac modificări cu ajutorul ECU programabil. Aceste tabele lucrează după principiul Look Up Table, oferind marele avantaj de a putea fi modificate în timp real, pe durata efectuării reglajelor.

### **5.3.3 Variațiile concentrațiilor gazelor evacuate pe durata încercărilor experimentale după reglajele realizate cu ajutorul ECU programabil**

Cercetările experimentale privind variația gazelor evacuate a vehiculului testat, investigate cu ajutorul analizorului de gaze Maha MET 6.1, au permis observarea și afirmarea unor concluzii cu privire la principalele speciile poluante CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HC și NO<sub>x</sub>, pentru diferite regimuri de rulare.

S-au realizat încercări experimentale, la rularea pe standul de probe, pentru diferite forțe de încărcare (a standului), de la funcționarea la ralanti până la sarcina de 2000N. Au fost înregistrate pe rând, speciile poluante amintite mai sus, pentru forța de încărcare de 200N, 400N, 600N, 1000N, 1500N și 2000N [79], [90].

În cele ce urmează s-au prezentate grafic evoluțiile gazelor de evacuare pentru diferite încărcări.

S-au reprezentate evoluțiile speciilor poluante [2], în funcție de turația motorului, achiziționată în timp real odată cu noxele, precum și în funcție de coeficientul excesului de aer, lambda, unul dintre cei mai importanți factori în reglajul și controlul comportamentului autovehiculului.

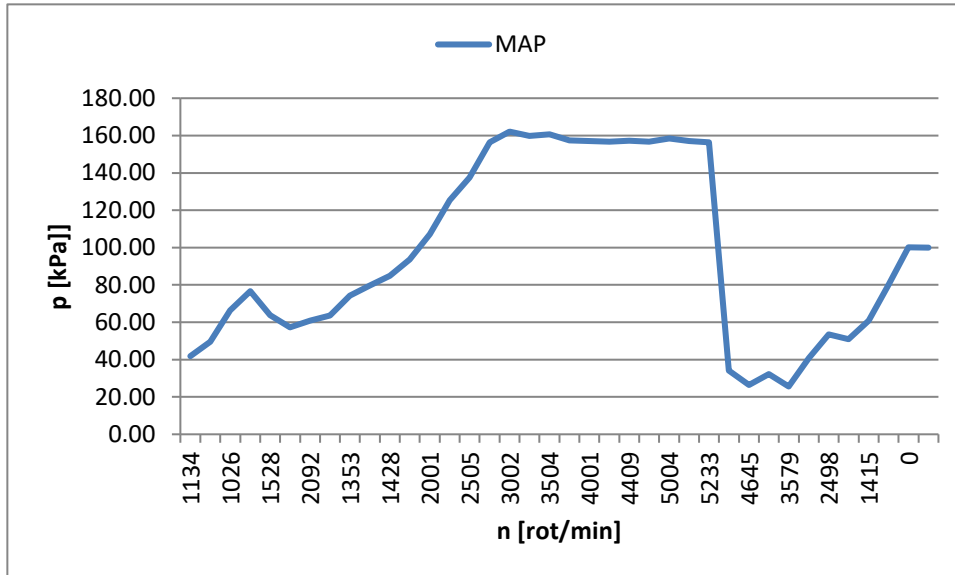


Fig. 5.12 Variație presiune colector admisie (MAP= Manifold Absolute Pressure)

Forma sub care au fost înregistrate datele achiziționate cu ajutorul sondei echipamentului MET 6.1 se poate observa în figura de mai jos. Toate speciile poluante se prezintă în aceeași fereastră odată cu turația motorului. Temperatura uleiului nu a fost monitorizată cu MET 6.1 deoarece și standul Maha LPS 3000, pe care a fost testat vehiculul, prezintă sondă pentru determinarea temperaturii uleiului.

Parametrii de intrare pentru cazurile studiate sunt prezentate în figurile 5.12, 5.13, 5.14, 5.15.

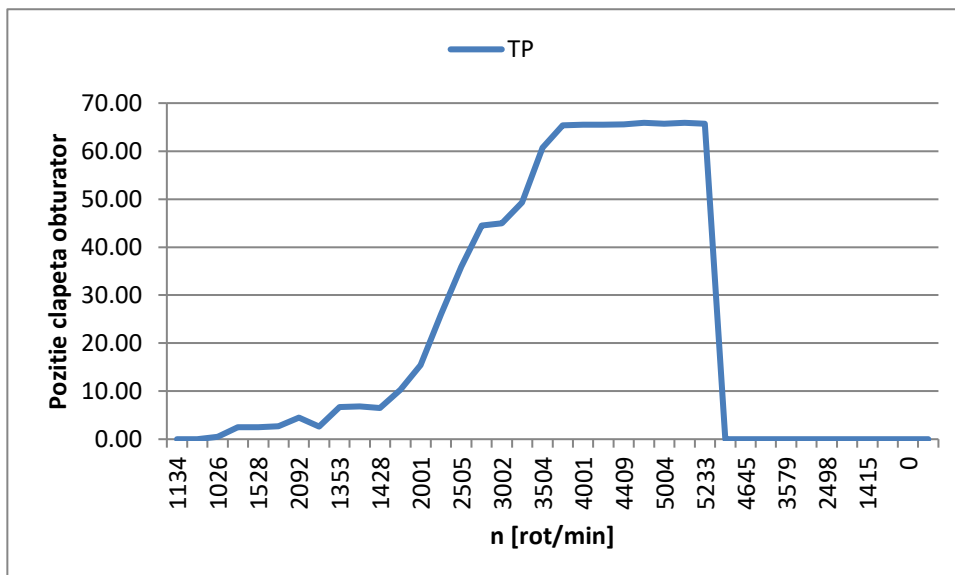


Fig. 5.13 Variație poziție clapetă obturator (TP= Throttle Position)

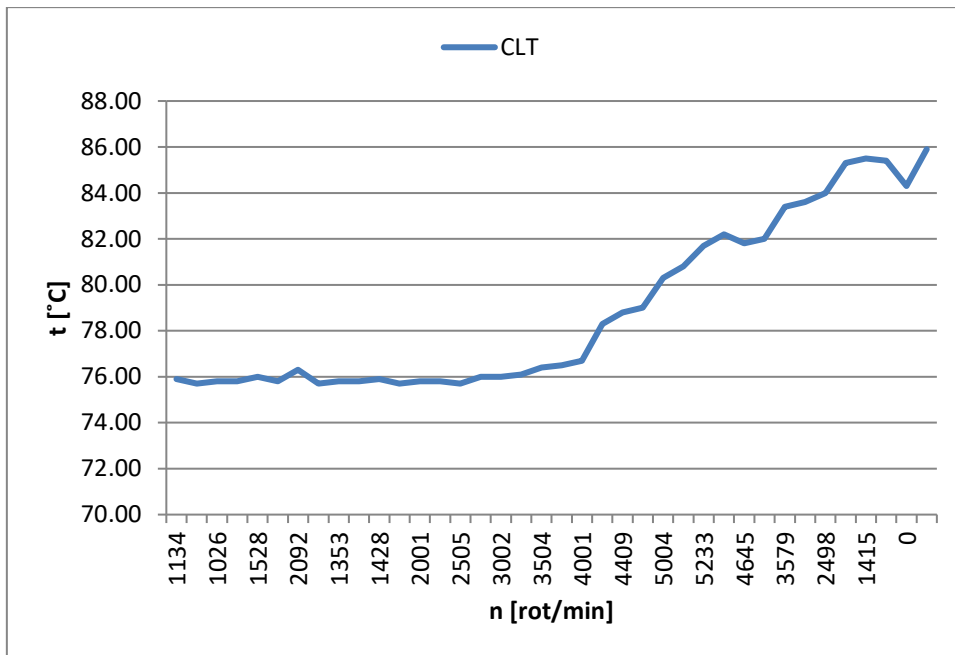


Fig. 5.14 Variație temperatură agent de răcire

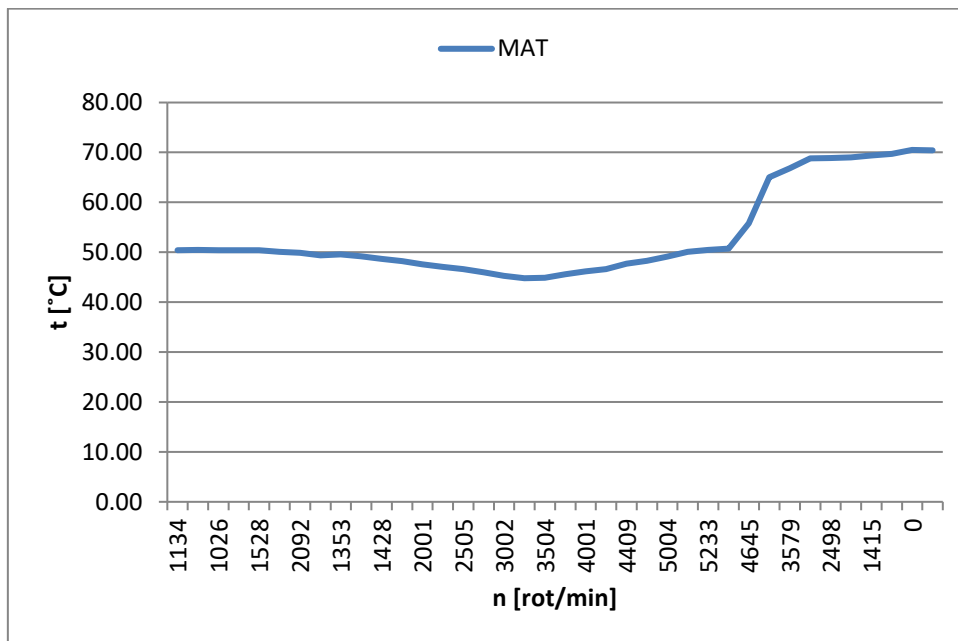


Fig. 5.15 Variație temperatură aer colector admisie (MAT= Manifold Air Temperature)

Trei grafice sunt foarte importante în utilizarea MSQ prin software-ul de interfață MegaLog Viewer, și anume:

- Graficul de valori pentru AFR;



- Graficul de valori pentru eficiența volumetrică (VE= Volumetric efficiency);
- Graficul de valori pentru avansul la aprindere (Spark Advance table).

Pentru fiecare dintre aceste trei grafice, softwareul prezintă varianta default, și anume varianta cu valori implicite, și anume fără a fi realizat asupra tabelului vreo modificare. Figura 5.16 prezintă tabelul cu valori implicite pentru AFR:

Default AFR																
250	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
229	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
209	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
189	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
169	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	
149	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	
132	12.5	12.5	12.5	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
119	12.5	12.5	12.5	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
109	12.5	12.5	12.5	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
96	12.5	12.5	12.5	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
79	12.5	12.5	12.5	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
60	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
49	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
39	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
33	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
20	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	
	600	966	1333	1700	2066	2500	2900	3280	3719	4100	4466	4840	5280	5720	6000	6500

Lambda signal delay: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Cell Change: Normal

Min RPM: 500      Max RPM: 18500

Min MAP: 0      Max MAP: 600

Min CLT: 71      Custom Filter: Off

Fig. 5.16 Tabel valori AFR implicite (default)

Pentru determinarea amestecului carburant optim astfel încât motorul să prezinte un comportament optim, menit să ofere și creșteri ale puterii efective și ale momentului motor efectiv, aceste valori implicite vor fi modificate funcție de dorințe. Astfel pentru ca motorul să prezinte un amestec bogat, deci implicit o creștere a puterii efective, senzorul de oxigen lambda bandă largă va emite voltaj mare, de 1.5 mV, până la maxim 2.5 mV, iar ECU va gestiona amestecul carburant prin parametrul AFR afișat tabelar sau 3D.

S-a constata că la rularea pe standul dinamic cu role, se poate efectua un control potim al amestecului carburant în scopul obținerii unor creșteri ale performanțelor energetice ale motorului testat. Figura 5.17 prezintă valorile modificate pentru AFR în urma setărilor în timp real realizate pentru motorul Volvo 440 Turbo 1.7 ce echipează Renault 5 GTT.

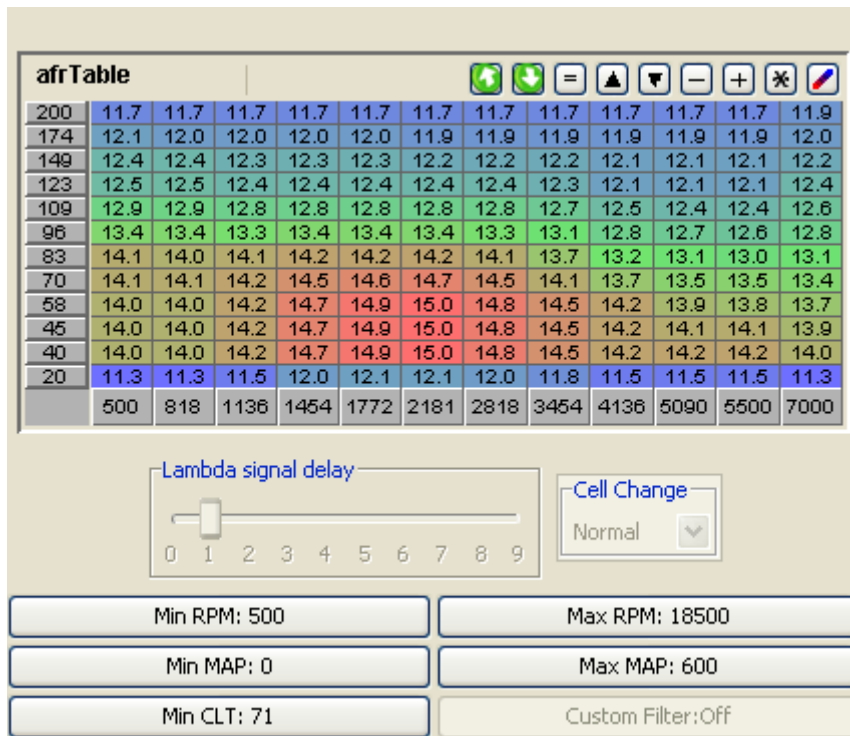


Fig. 5.17 Tabel valori AFR modificate

Odată realizată harta nouă pentru AFR, implicit se prezintă și harta modificată pentru eficiența volumetrică [26], prezentată în figura 5.18. Eficiența volumetrică este raportul dintre presiunea din cilindru la sfârșitul fazei de aspirație și presiunea atmosferică. Cu cât este mai mare acest randament volumetric cu atât este mai mic fenomenul de pompă. Eficiența volumetrică este dată de raportul dintre masa de aer din interiorul cilindrului după închiderea supapelor de admisie, în kg, și produsul dintre densitatea aerului, în  $\text{kg}/\text{m}^3$  și cilindree, în  $\text{m}^3$  ( $\eta_v = m_a / (\rho_a V_s)$ ).

De asemenea și harta avansului la aprindere este implicit modificată de la valorile implicite, urmare a satărilor pentru obținerea unor performanțe energetice crescute.

Odată realizate hărțile pentru acești trei parametri, AFR, eficiența volumetrică și avansul la aprindere, s-a realizat analiza gazelor de evacuare, pentru funcționarea la diferite forțe de încărcare, testarea inițială realizându-se la forța de încărcare de 0N.

În cadrul lucrării s-au prezentat variațiile speciilor poluante pentru funcționarea motorului cu forță de încărcare de 0N, 1000N, 1500N și 2000N. Variațiile speciilor poluante emise de către motorului testat la funcționarea cu forțe de încărcare de 200N, 400N și 600N, sunt prezentate în anexele 10, 11 și 12.

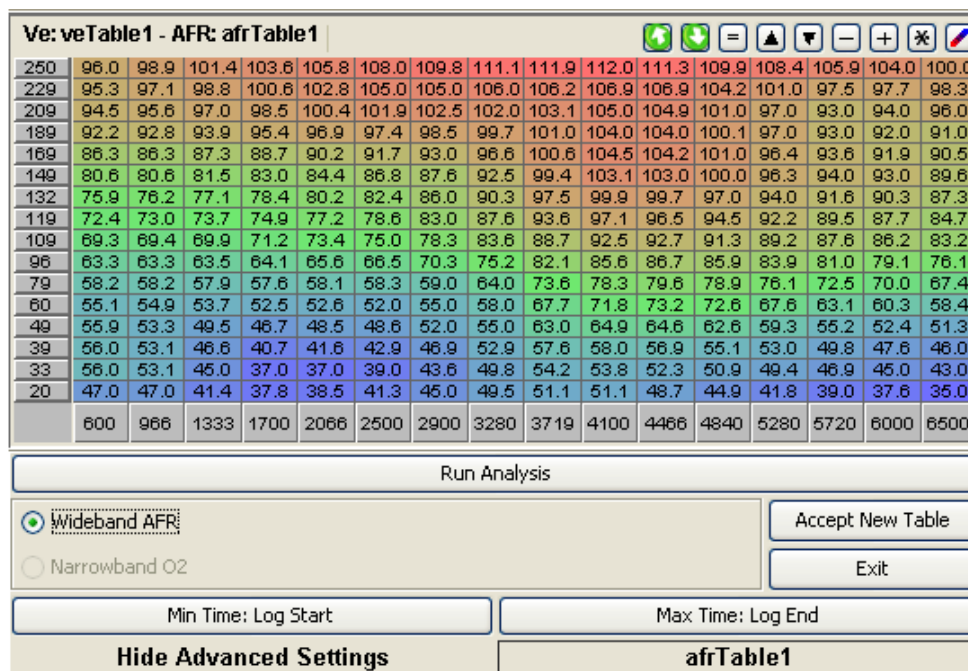


Fig. 5.18 Tabel valori modificate pentru eficiența volumetrică

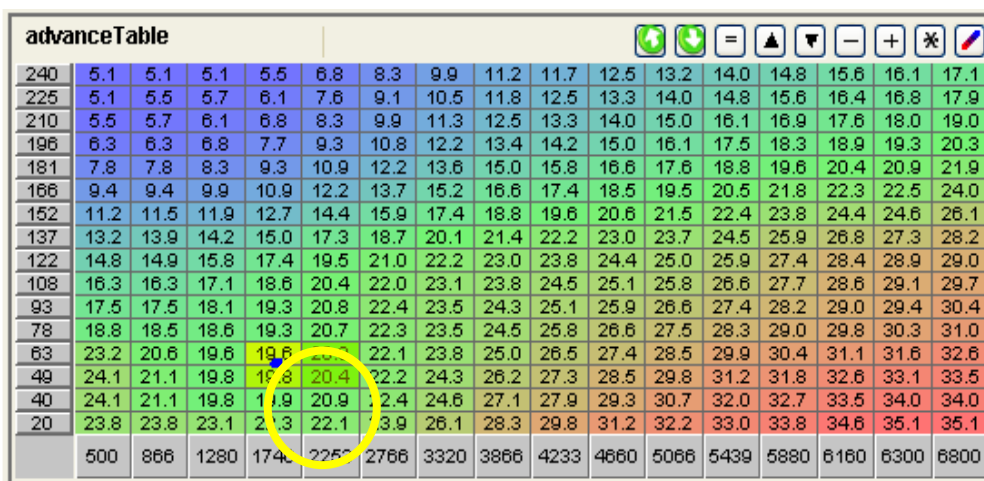


Fig. 5.19 Table valori modificate pentru harta avansului la aprindere

### 5.3.4. Variațiile speciilor poluante emise de către motorul testat, Volvo 440 1.7 Turbo

Odată realizate hărțile pentru acești trei parametrii, AFR, eficiența volumetrică și avansul la aprindere, s-a realizat analiza gazelor de evacuare, pentru

funcționarea la diferite forțe de încărcare, testarea inițială realizându-se la forța de încărcare de 0N.

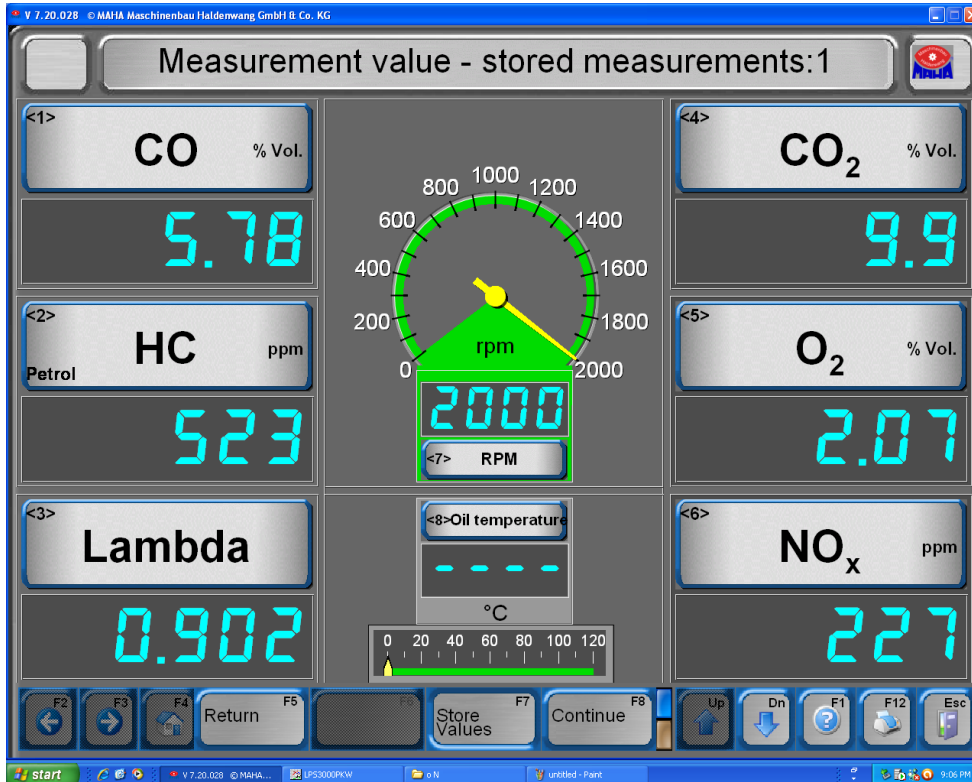


Fig. 5.20 Fereastră înregistrare specii poluante cu echipamentul MET 6.1

Cazul 1. Forța de încărcare 0 (zero) N:

Tabel 5.1 Specii poluante motor testat la rulare la forță cu încărcare de 0N

Turația n [rot/min]	CO [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	HC [ppm]	NO <sub>x</sub> [ppm]	Lambda [-]
1520	3,08	12,2	1,66	369	155	0,971
2000	5,78	9,9	2,07	523	227	0,902
2360	4,28	10,5	2,77	1379	283	0,946
2840	3,99	12	1,44	454	279	0,933
3050	3,08	12,2	1,66	369	365	0,971

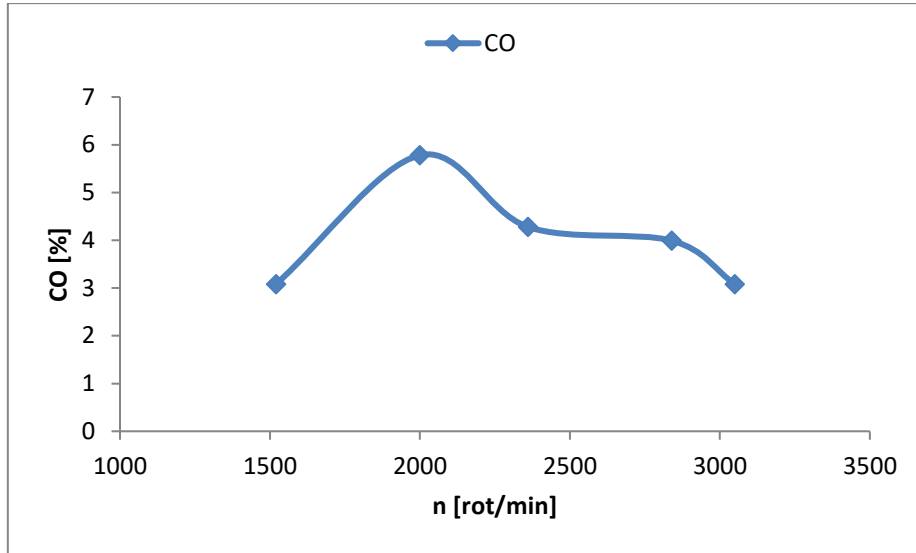


Fig. 5.21 Variația CO în funcție de turație la sarcină, la ON

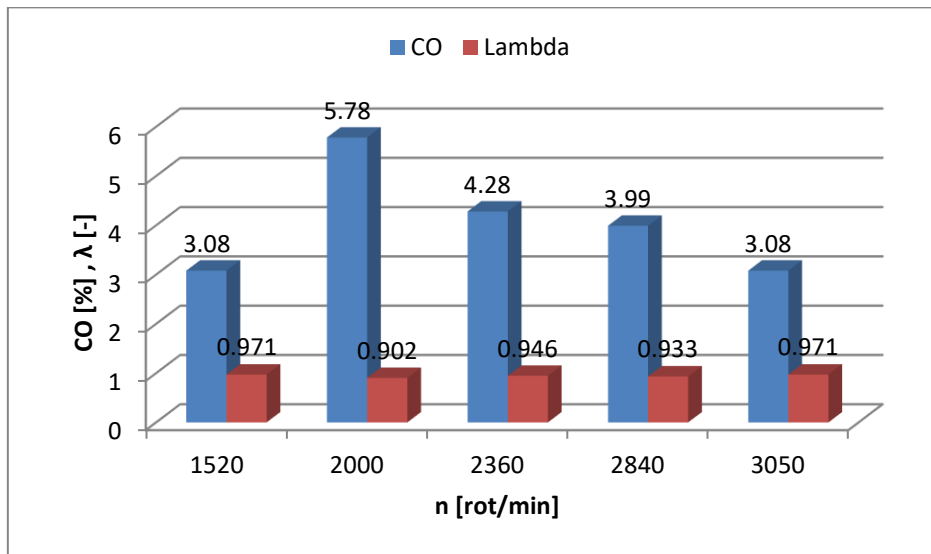


Fig. 5.22 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de ON

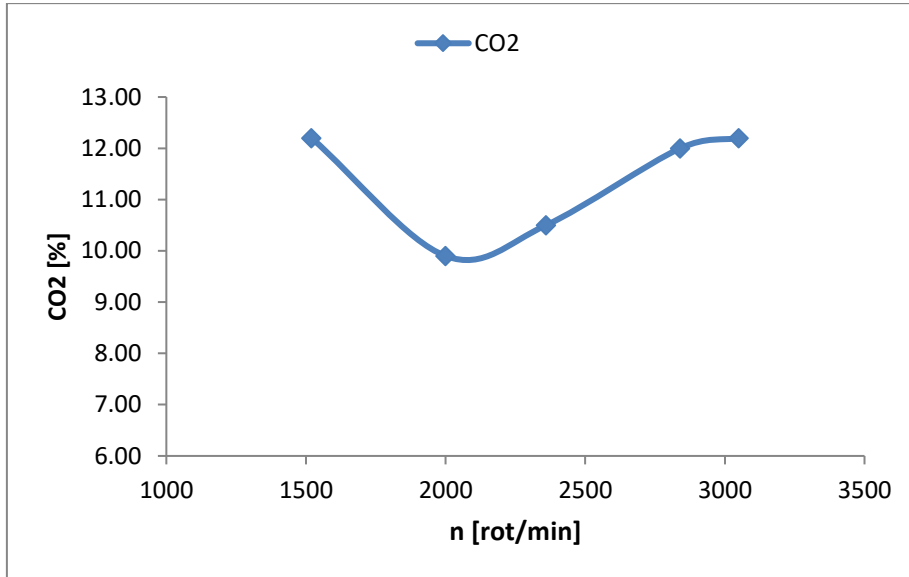


Fig. 5.23 Variația CO2 în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N

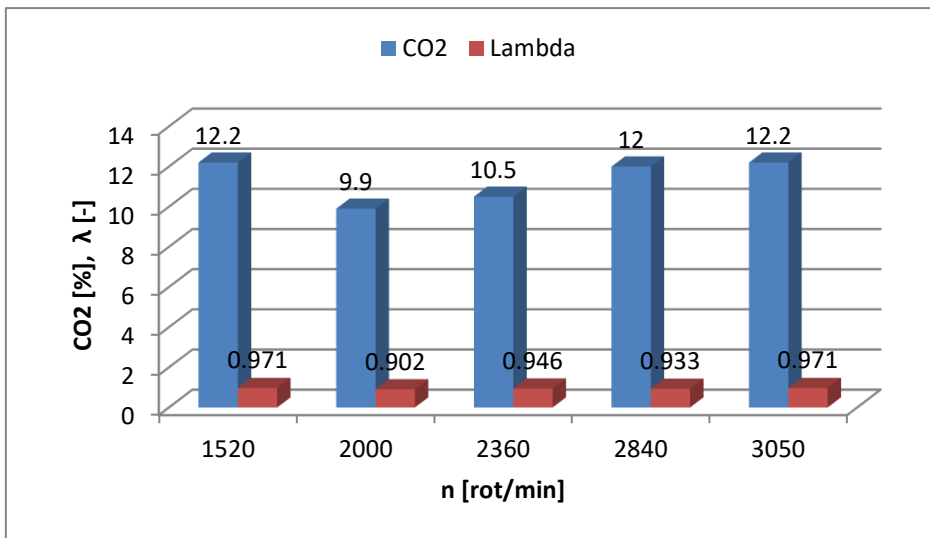


Fig. 5.24 Variația CO2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0N

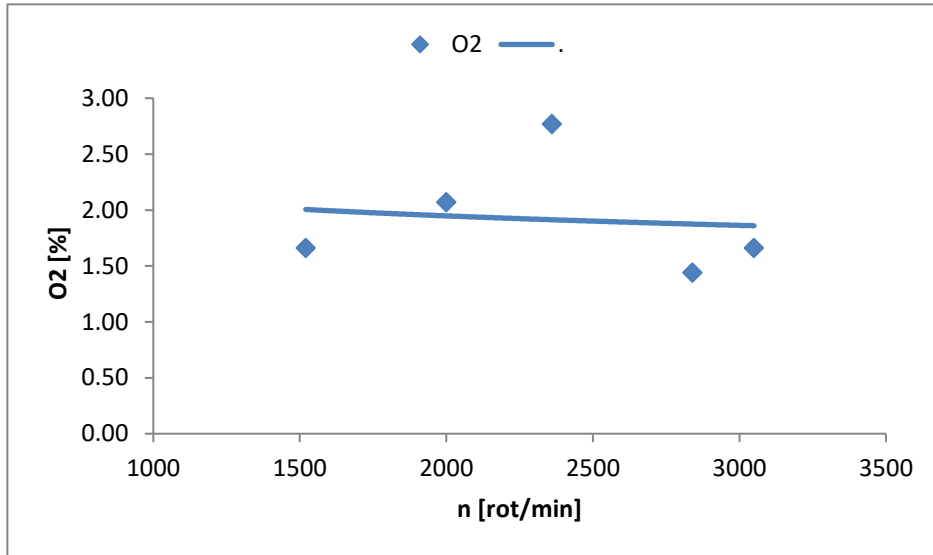


Fig. 5.25 Variația O2 în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N

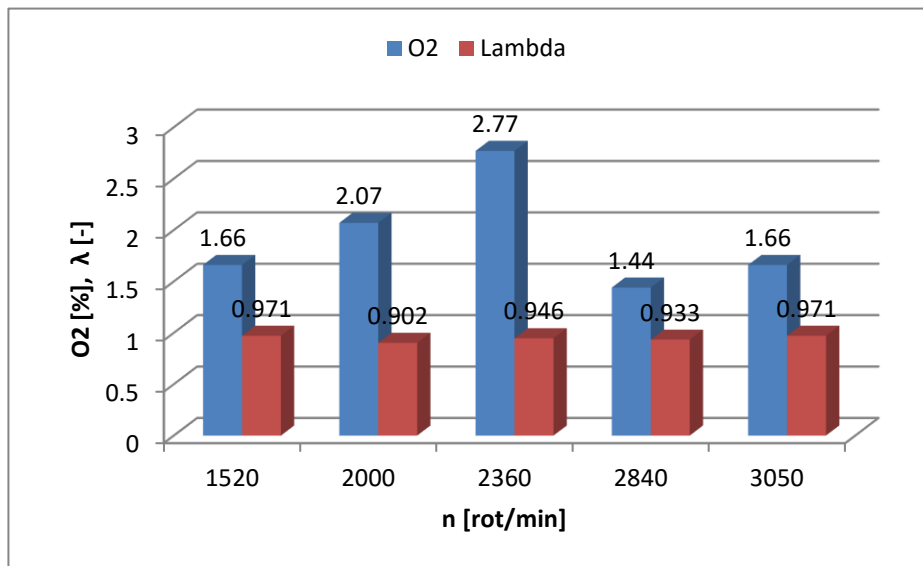


Fig. 5.26 Variația O2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0N

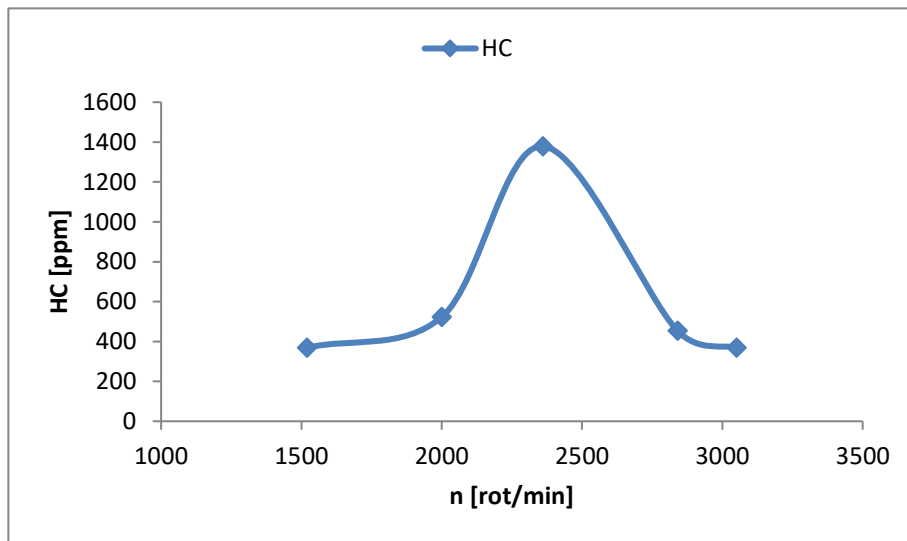


Fig. 5.27 Variația HC în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N

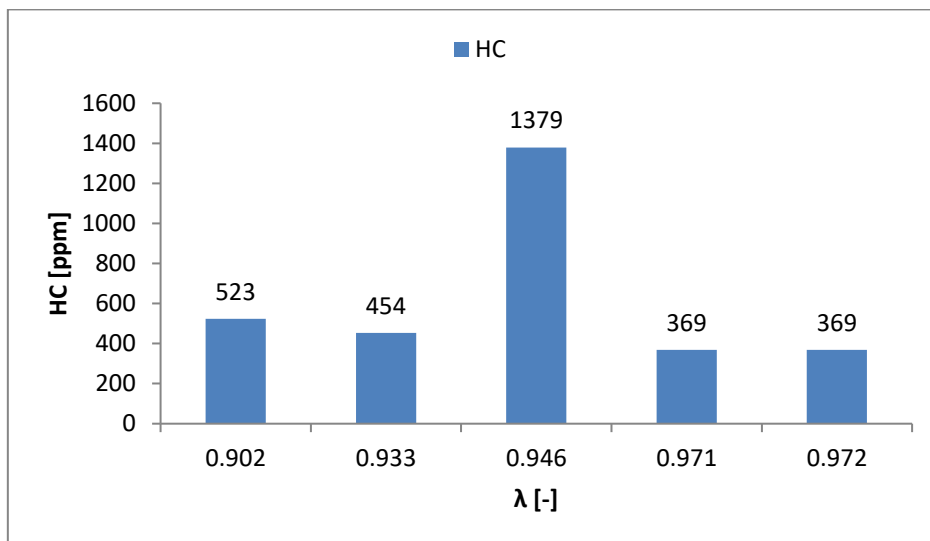


Fig. 5.28 Variația HC în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 0N



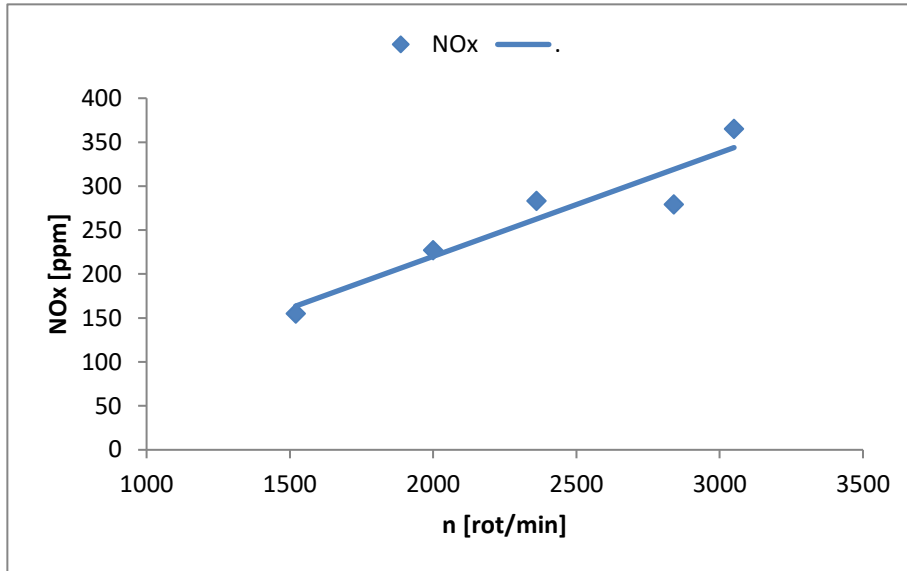


Fig. 5.29 Variația NOx în funcție de turație la sarcină, la forță de încărcare de 0N

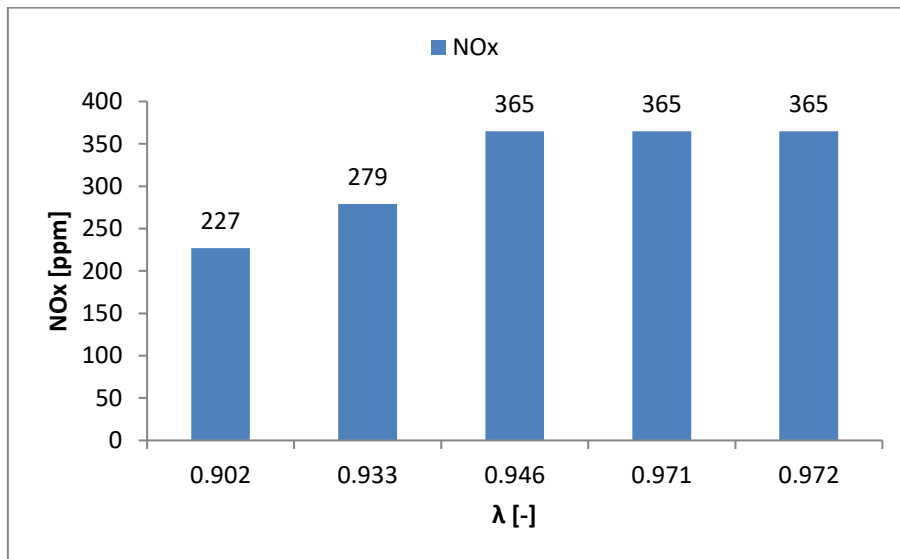


Fig. 5.30 Variația NOx în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 0N

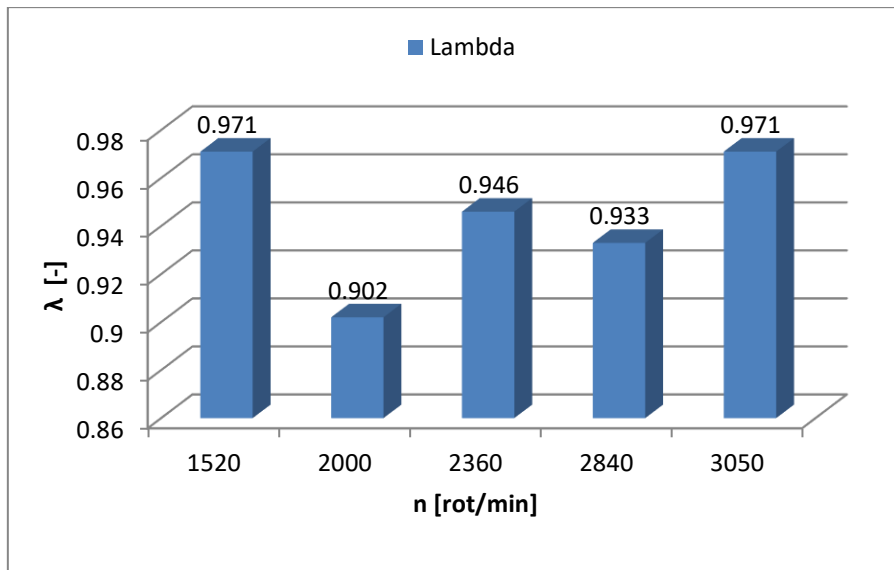


Fig. 5.31 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0N

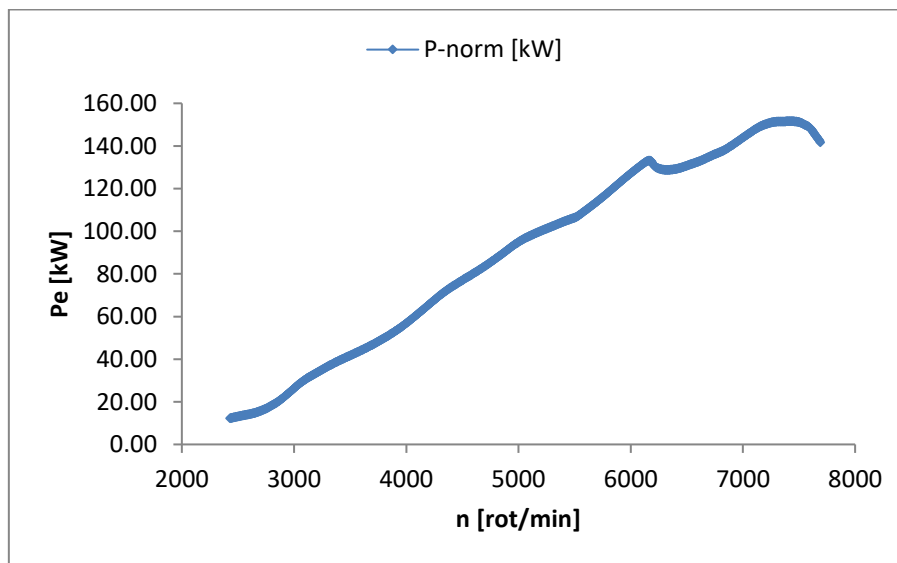


Fig. 5.32 Variația puterii efective la sarcină 0N

Pentru primul caz, la forță de încărcare de 0 N, se poate observa că evoluțiile speciilor poluante prezintă valori relativ normale, chiar dacă  $\text{CO}_2$  prezintă o ușoară tendință crescătoare a valorilor, de asemenea și  $\text{NO}_x$ . Doar emisiile de hidrocarburi neare prezintă, în jurul valorii de 2500 rot/min, un punct de creștere destul de ridicat, consecință posibilă ca urmare a adaptării/încălzirii motorului (ajungerii la regimul optim de funcționare).

Anexa 9 prezintă variațiile curbelor de putere și de moment motor efectiv pentru rularea pe standul cu role Maha LPS 3000, la forță de încărcare 0N.

S-a constatat faptul că în urma reglajelor realizate la nivelul ECU cu ajutorul calculatorului programabil MSQ, completate cu modificările mecanice realizate asupra motorului testat, puterea efectivă a înregistrat o creștere semnificativă la valoarea de 155kW. Această creștere se poate exprima în procente prin ecuația (5.1):

$$\frac{P_{e\max}}{P_{en}} = \frac{152}{89.5} \cdot 100 = 71\% \quad (5.1)$$

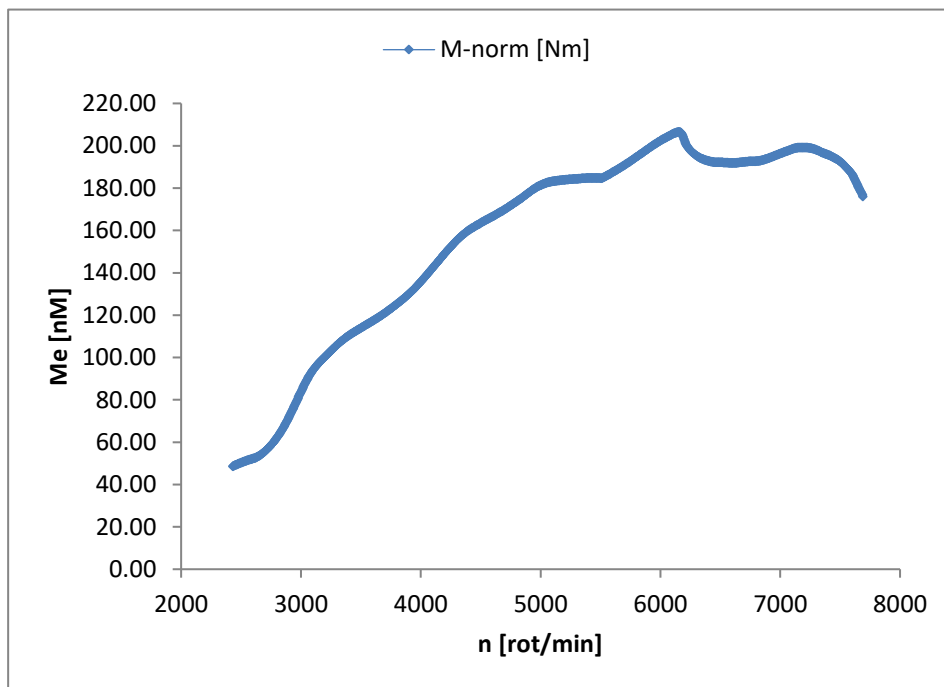


Fig.5.33 Variația momentului motor efectiv la forță de încărcare 0N

Menționăm că standul cu role Maha înregistrează turația la roată pe durata cercetărilor experimentale, turație care înmulțită cu constanta 0,6 ne va conduce la turația reală a motorului testat pe standul dinamic cu role. Anexa 9 prezintă variația curbelor de putere efectivă și de moment motor efectiv raportate la turația la roată, din acest motiv valorile turației atingând chiar și 9000 rot/min.

Din analiza figurilor prezentate, inclusive și cazurile din anexele 10, 11 și 12, și anume rularea autovehiculului testat la forță de încărcare de 0 N și la forță de încărcare de 200 N se constată o scădere a speciilor CO și HC la creșterea coeficientului excesului de aer lambda; acest lucru de datorează îmbunătățirii procesului de ardere care devine din ce în ce mai completă prin existența aerului în exces în cilindrii motorului ( $\lambda > 1$ ). Oxizii de azot precum și dioxidul de carbon prezintă curbe crescătoare, acest lucru datorându-se de asemenea aerului în exces prezent în amestecul carburant, datorită modificărilor realizate din unitatea electronică de control programabilă.

Valoarea turației motorului de 2000 – 2500 rot/min reprezintă un punct de inflexiune pentru mai toate speciile poluante analizate, indiferent de variația

acestora, fie că cresc fie ca scad. Cauza o reprezintă cel mai probabil adaptarea regimului motorului la funcționarea cu ECU programabil.

În urma cercetărilor experimentale asupra speciilor poluante pentru cazurile prezentate mai sus, s-a constatat că la turații cuprinse între 2000 – 2500 rot/min apar fenomene de discontinuitate și chiar variații bruște ale majorității speciilor poluante, o explicație fiind scăderea coeficientului excesului de aer lambda, ceea ce determină o ardere incompletă, dovedită prin oxidului de carbon și a hidrocarburilor nearse.

De asemenea, speciile CO și HC prezintă tendințe de scădere a valorilor odată cu creșterea coeficientului excesului de aer și cu turația, acest lucru datorându-se arderii cât mai complete datorită prezenței aerului în interiorul camerei de ardere. Oxizii de azot, odată cu creșterea forței de încărcare prezintă valori tot mai ridicate, astfel ajungând la valori de peste 600 [ppm]. Aceasta este însă consecința prezenței aerului în exces în amestecul carburant.

Cazul 2. Forța de încărcare 1000 N:

Tabel 5.2 Specii poluante motor testat la rularea la forță cu încărcare de 1000N

Turatia n [rot/min]	CO [%]	CO2 [%]	O2 [%]	HC [ppm]	NOx [ppm]	Lambda [-]
1540	3,31	11,6	1,86	208	184	0,979
1960	1,78	12,3	2,01	171	243	1,037
2420	1,01	12,7	1,94	178	369	1,059
3230	1,56	13,6	0,91	101	690	0,993
3500	1,35	13,2	1,57	104	561	1,031
4010	0,88	13,4	1,45	77	466	1,042

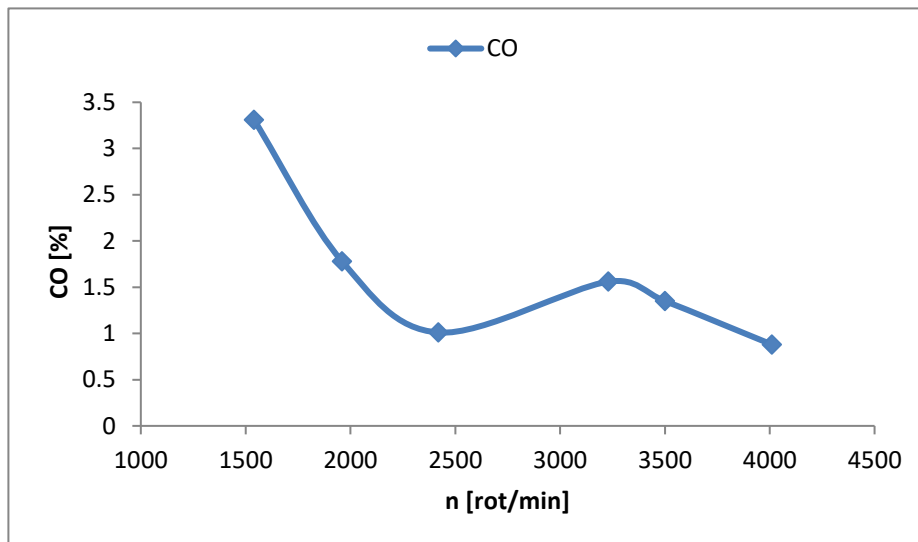


Fig. 5.34 Variația CO în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N

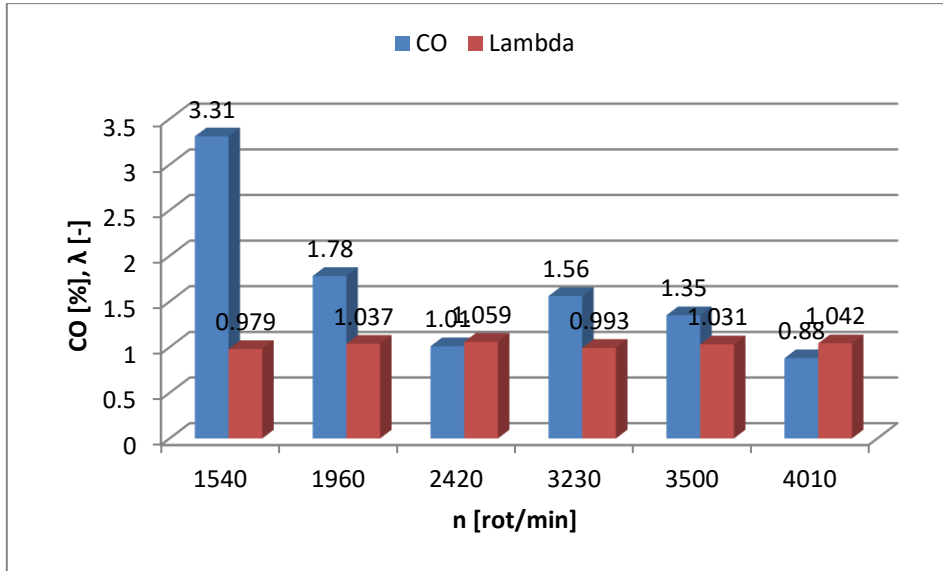


Fig. 5.35 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000 N

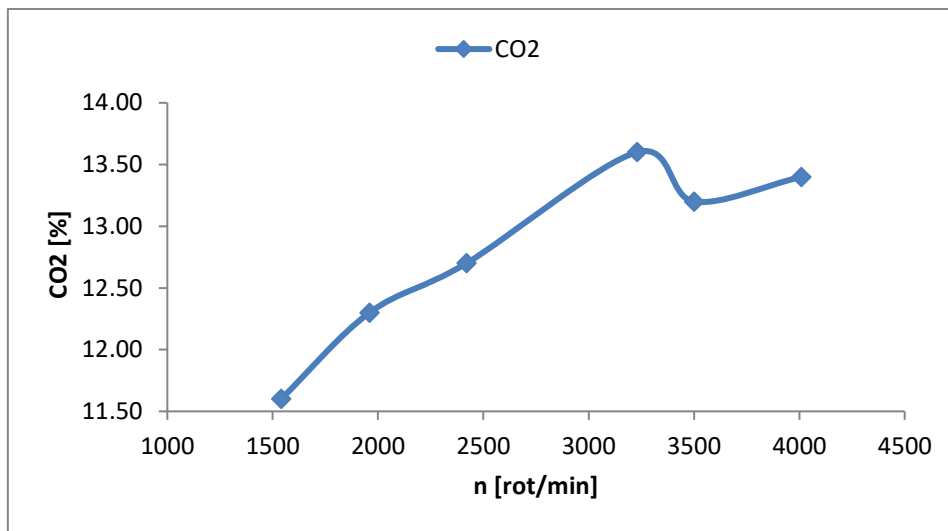


Fig. 5.36 Variația CO2 în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N

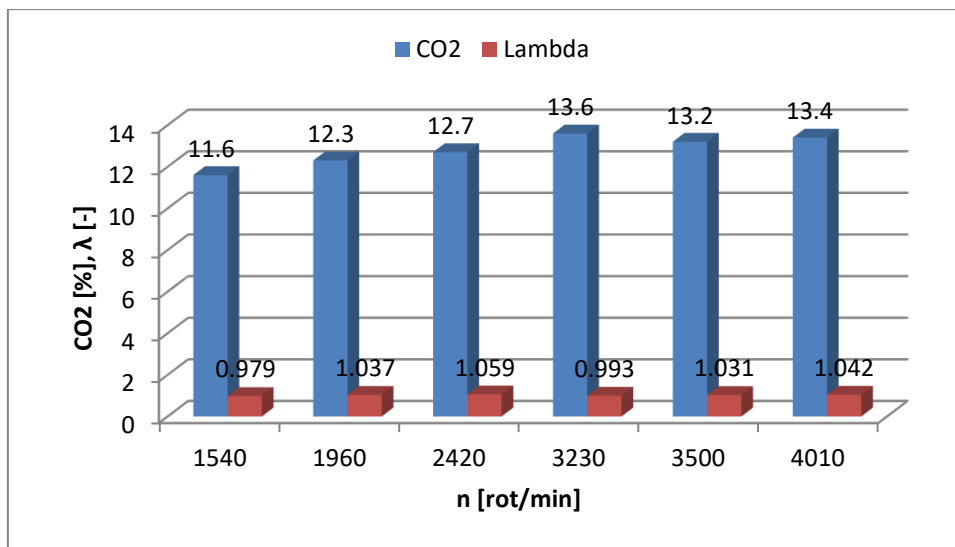


Fig. 5.37 Variația CO2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000 N

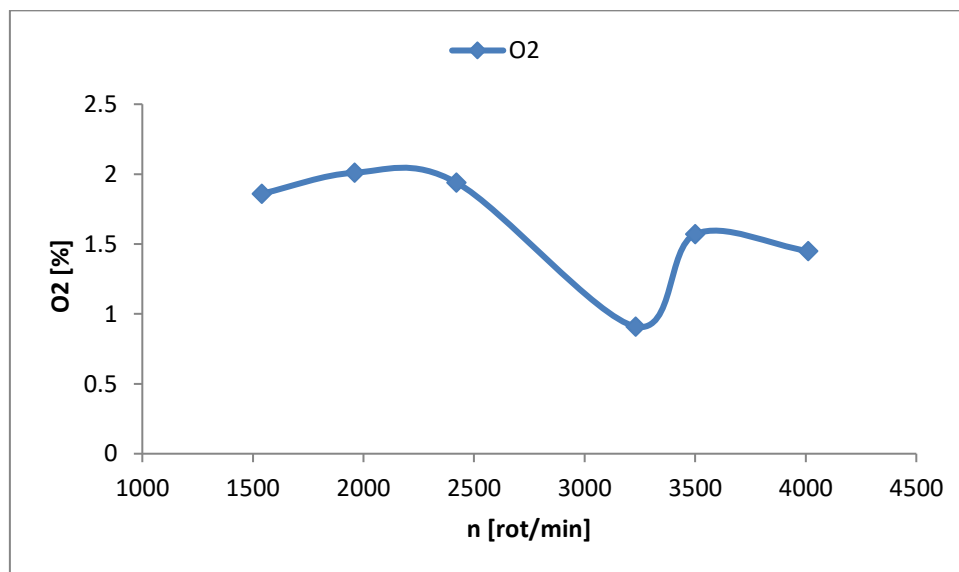


Fig. 5.38 Variația O2 în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N

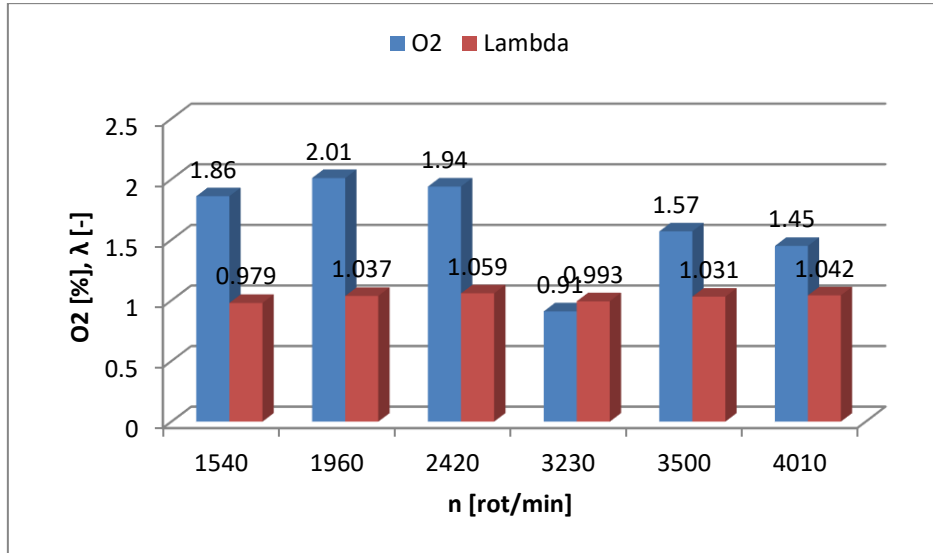


Fig. 5.39 Variația O<sub>2</sub> și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000 N

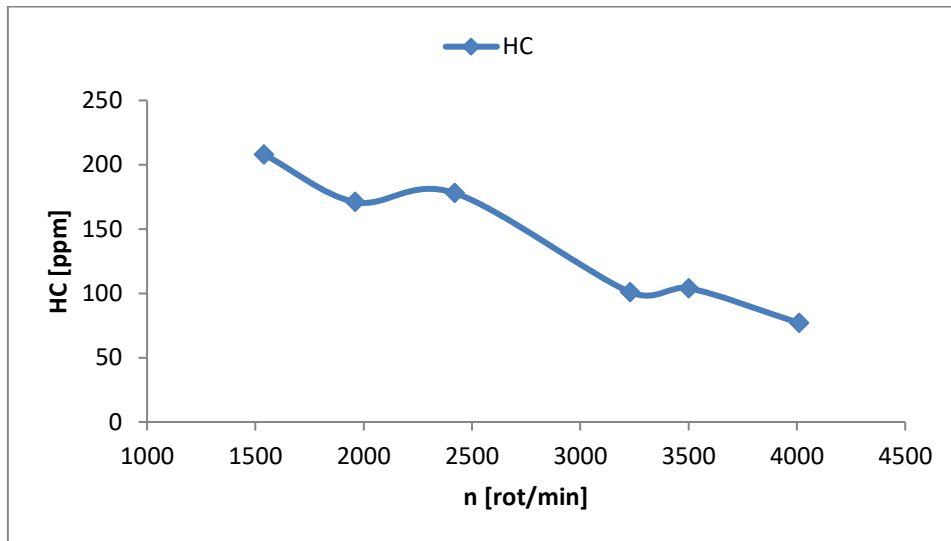


Fig. 5.40 Variația HC în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N

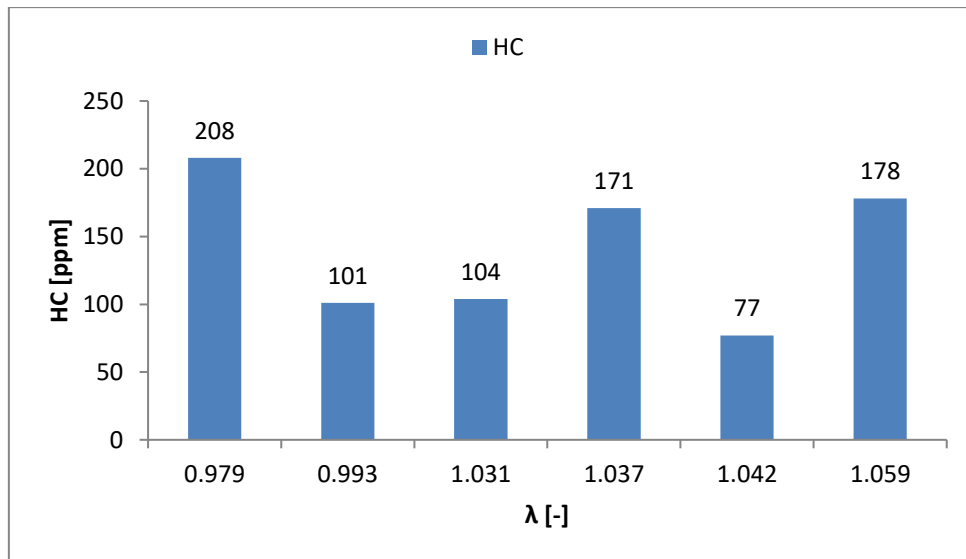


Fig. 5.41 Variația HC în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 1000 N

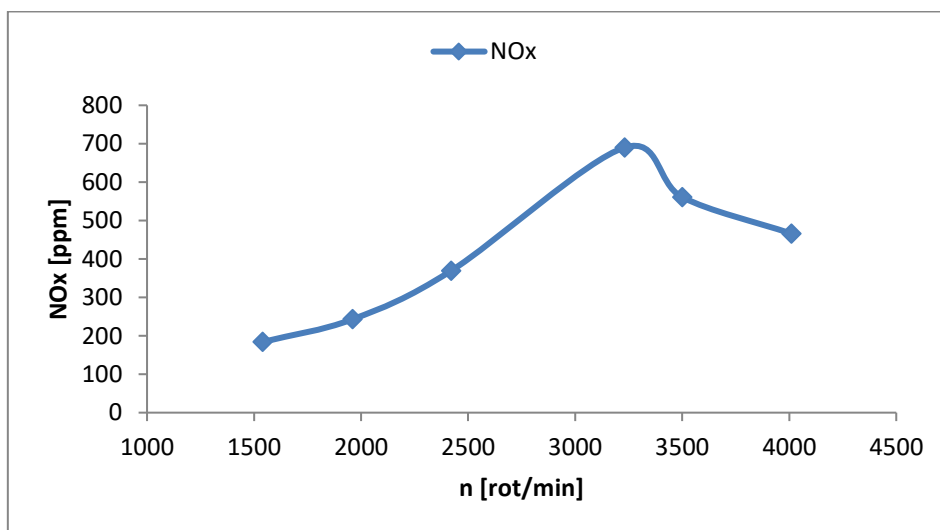


Fig. 5.42 Variația NOx în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N



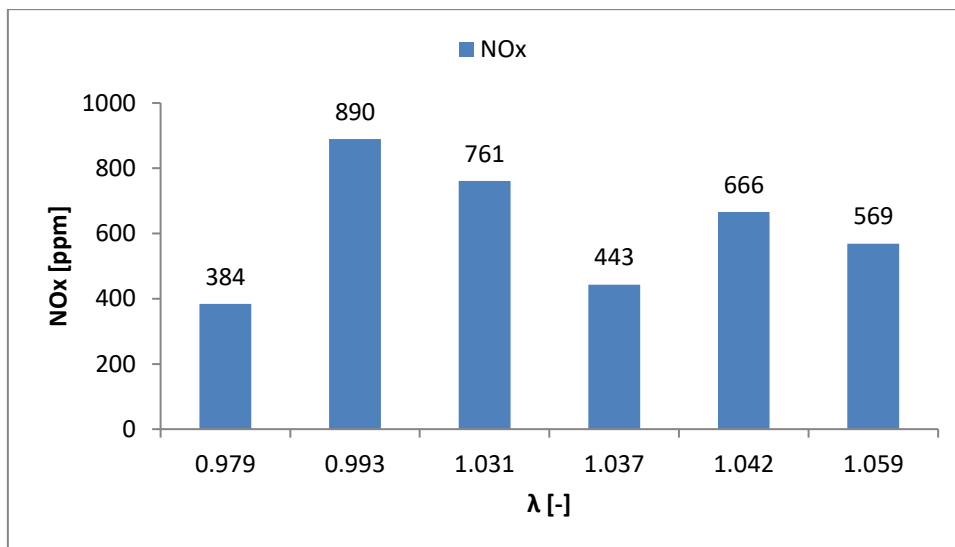


Fig. 5.43 Variația NOx în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 1000 N

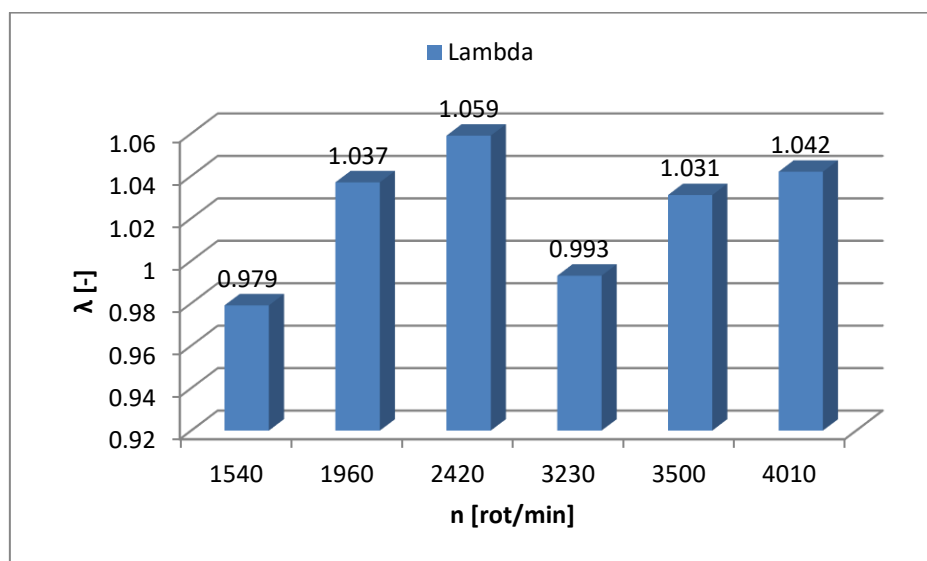


Fig. 5.44 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1000N

Odată cu creșterea sarcinii se poate observa și o creștere a valorilor speciilor poluante prezente în gazele de evacuare; comparativ cu rularea autovehiculului pe standul cu role la forță de încărcare de 0 N, se pot observa creșteri semnificative ale valorilor maxime ale acestora și anume pentru CO la 0N, valoarea maximă este de 3.31 [%] la 1540 rot/min, iar la 1000N valoarea maximă este de 5.78 [%] pentru 2000 rot/min. Pentru oxizii de azot de asemenea valorile sunt crescute odată cu forța de încărcare, și anume pentru forța de încărcare de 0N, la o turație de 3000 rot/min valoarea NOx este de 279 [ppm] iar la forța de încărcare de 1000 N, valoarea maximă este de 690 [ppm].

Odată cu creșterea sarcinii, se observă o scădere a maximului de putere efectivă și a momentului motor efectiv, în strânsă legătură și cu reducerea turațiilor maxime (regimului de funcționare), și anume, odată cu încărcarea cu sarcină a autovehiculului prin frâna de curent Eddy a standului Maha LPS3000, aceasta se propagă de la forța la roată, transmisie, cutie de viteză, implicit asupra speciilor poluante, care devin mai abundente cantitativ. Consumul de combustibil implicit va crește odată cu forța de încărcare, motivul fiind corelația dintre putere-consum-sarcină.

Cazul 3. Forța de încărcare 1500 N:

Tabel 5.3 Specii poluante motor testat la rularea la forță de încărcare cu 1500N

Turatia n [rot/min]	CO [%]	CO2 [%]	O2 [%]	HC [ppm]	NOx [ppm]	Lambda [-]
2000	2,03	12,2	2,1	151	260	1,033
2550	3,4	12,4	1,54	1206	391	0,929
3210	1,45	13,3	0,98	116	946	1
3710	0,21	13,6	1,44	67	1056	1,066
4250	1,56	13,7	1,55	121	1216	1,023

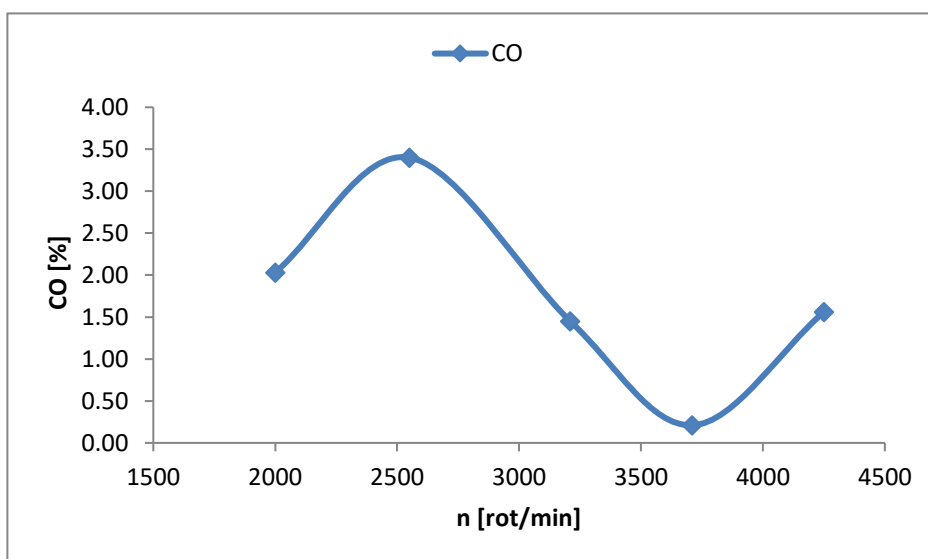


Fig. 5.45 Variația CO în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N

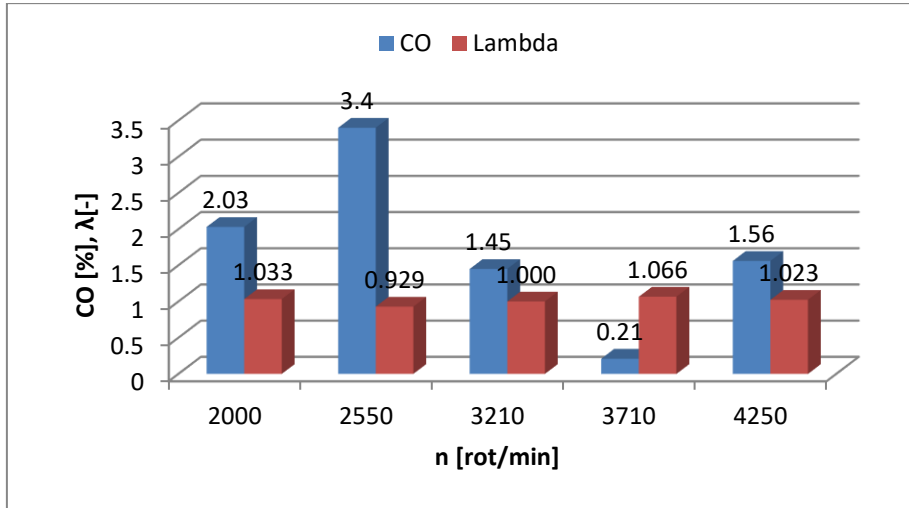


Fig. 5.46 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500 N

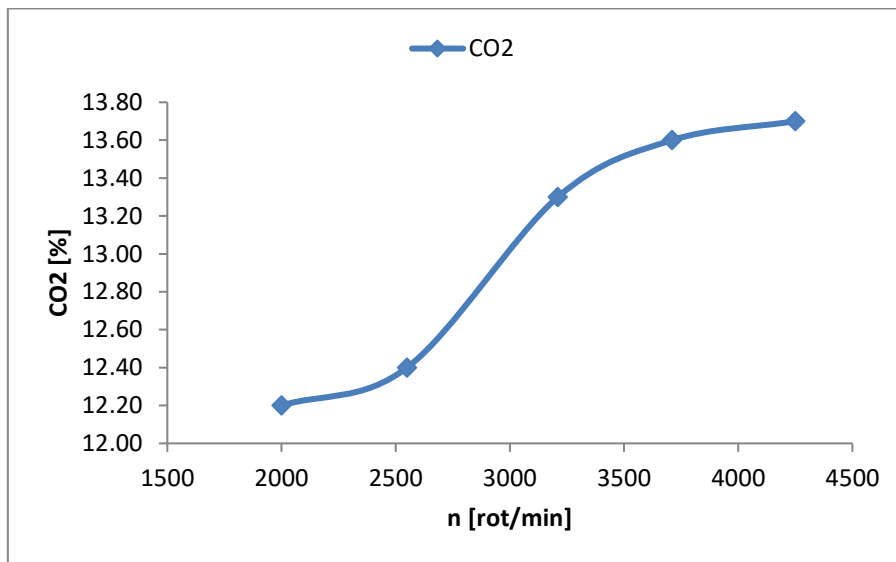


Fig. 5.47 Variația CO2 în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N

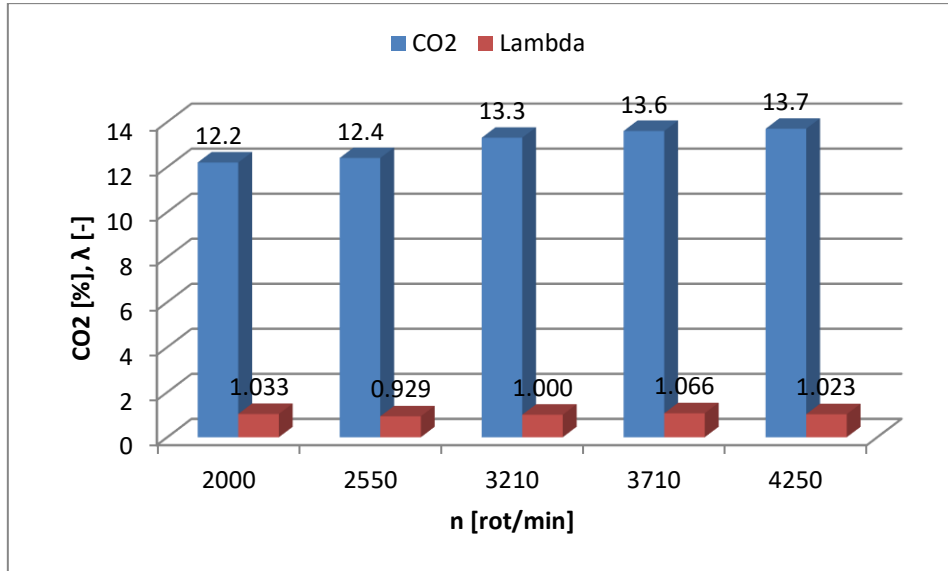


Fig. 5.48 Variația CO2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500 N

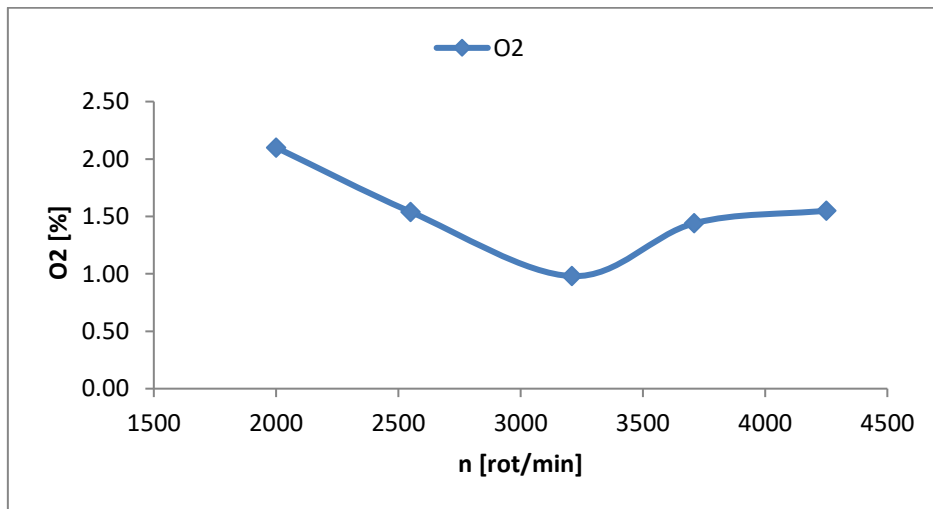


Fig. 5.49 Variația O2 în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N

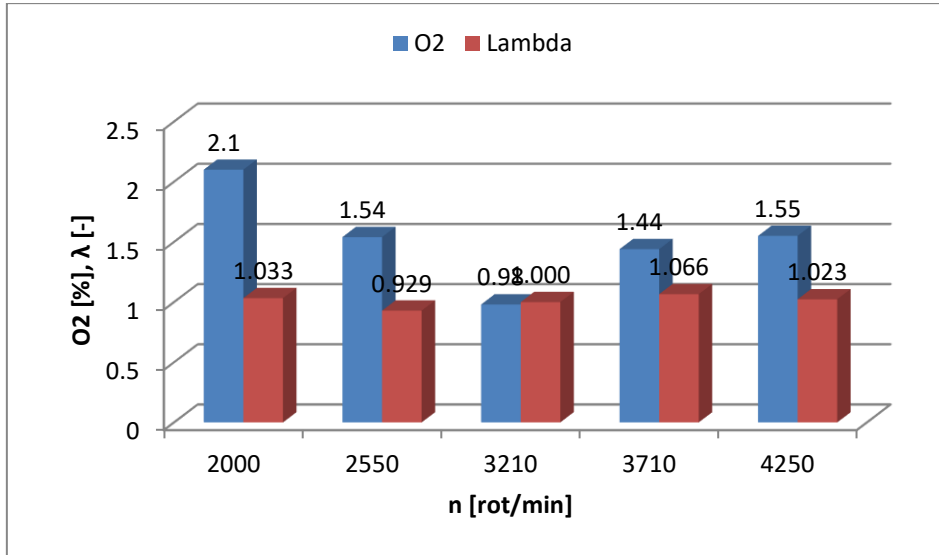


Fig. 5.50 Variația O2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500 N

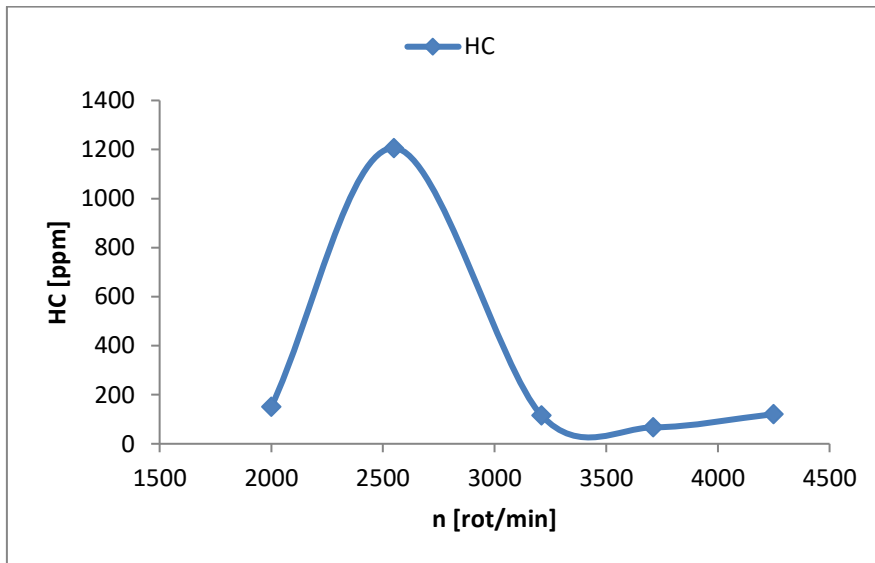


Fig. 5.51 Variația HC în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N

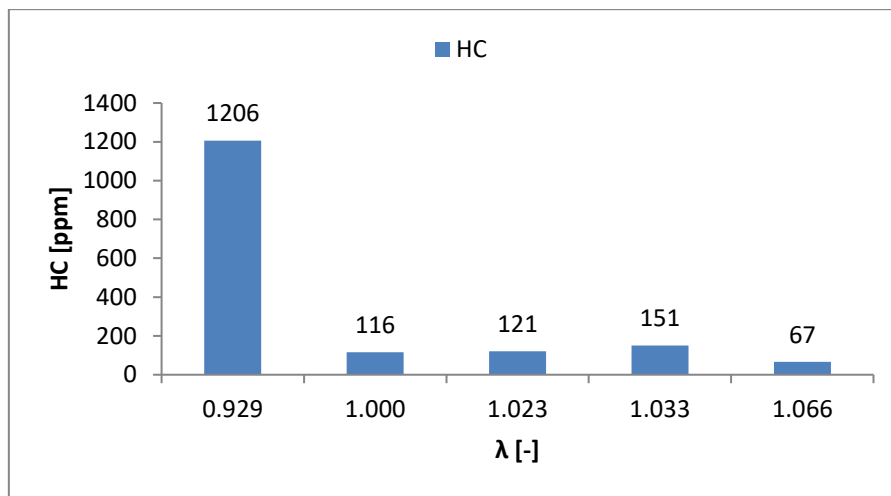


Fig. 5.52 Variația HC în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 1500 N

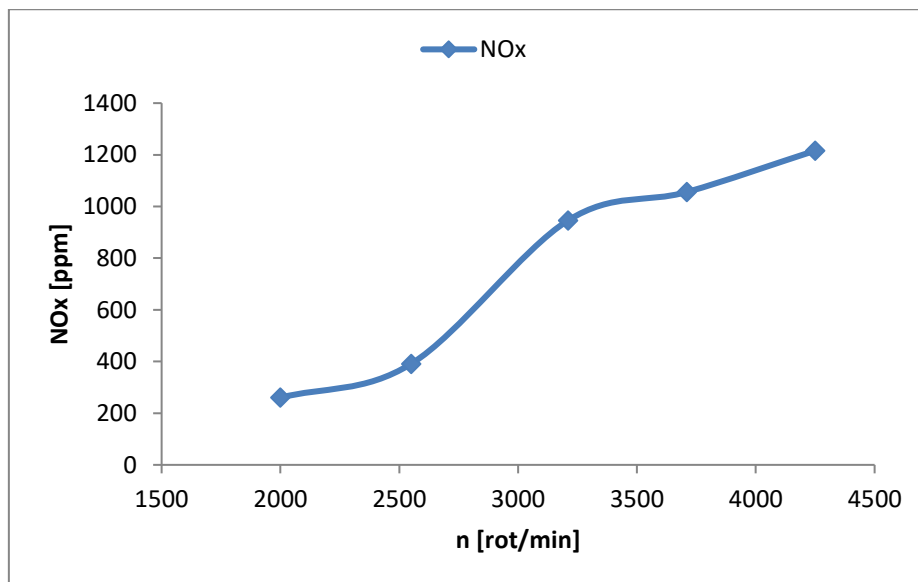


Fig. 5.53 Variația NOx în funcție de turație la forță de încărcare de 1500N

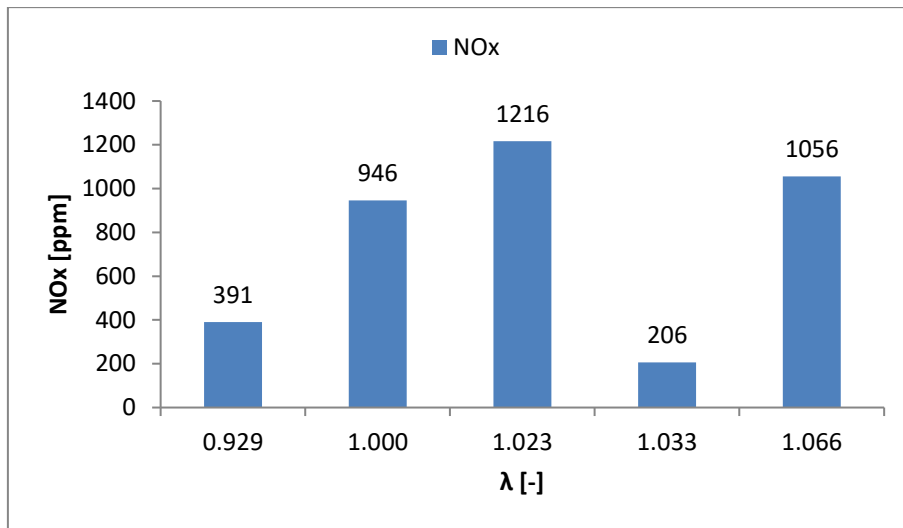


Fig. 5.54 Variația NOx în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 1500 N

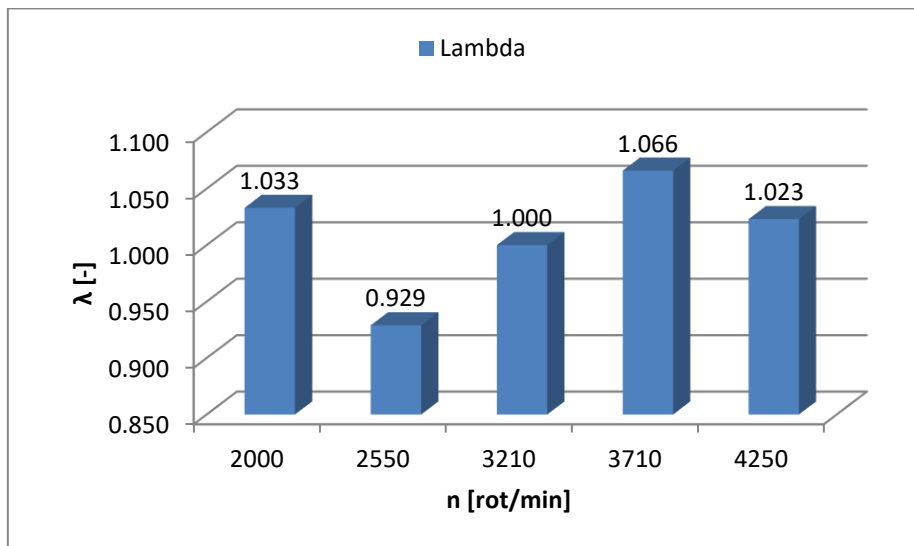


Fig. 5.55 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 1500 N

Din analiza evoluției NOx funcție de turația motorului  $n$ , se remarcă o creștere a nivelului acestuia odată cu creșterea încărcării motorului, datorită creșterii nivelului termic al gazelor din cilindrii motorului. De menționat este faptul că temperatura gazelor de evacuare este controlată de concentrația amestecului carburant, a aprinderii precum și a distribuției.

Variația curbei de putere efectivă și de moment motor efectiv prezintă evoluții foarte ascendente pentru funcționarea motorului cu forță de încărcare de 1500 N, dovedindu-se astfel avantajul calculatorului de bord programabil, și anume creșterea puterii și a momentului pentru un regim de funcționare la turații de peste 3500 rot/min, situație convenabilă pentru rularea pe durata competițiilor sportive.

Cazul 4. Forța de încărcare 2000 N:

Tabel 5.4 Specii poluante motor testat la rulare la forță cu încărcare de 2000N

Turatia n [rot/min]	CO [%]	CO2 [%]	O2 [%]	HC [ppm]	NOx [ppm]	Lambda [-]
1600	3,25	11,8	2,3	404	213	0,993
2050	2,56	12,4	2,04	492	301	0,999
2920	1,05	13,1	2,16	168	707	1,068
3120	2,01	12,9	1,74	198	964	1,015
4040	0,9	13,6	1,15	126	986	1,025

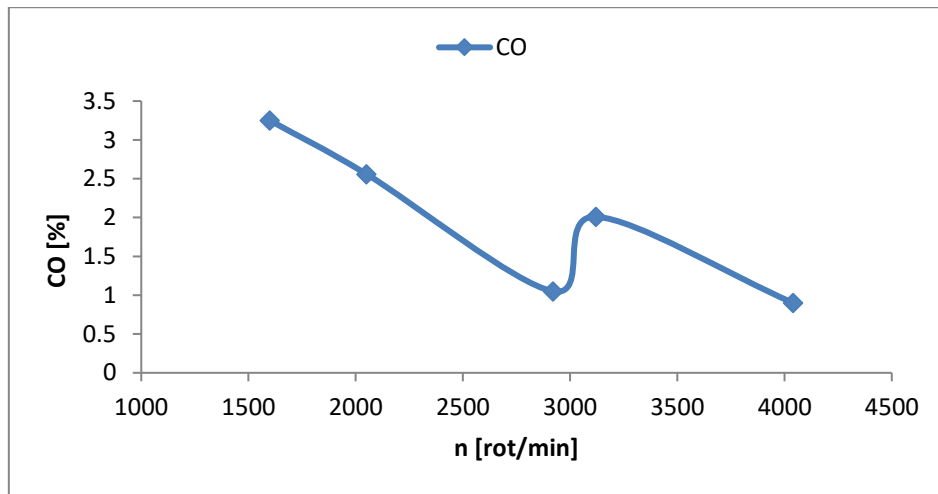


Fig. 5.56 Variația CO în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N

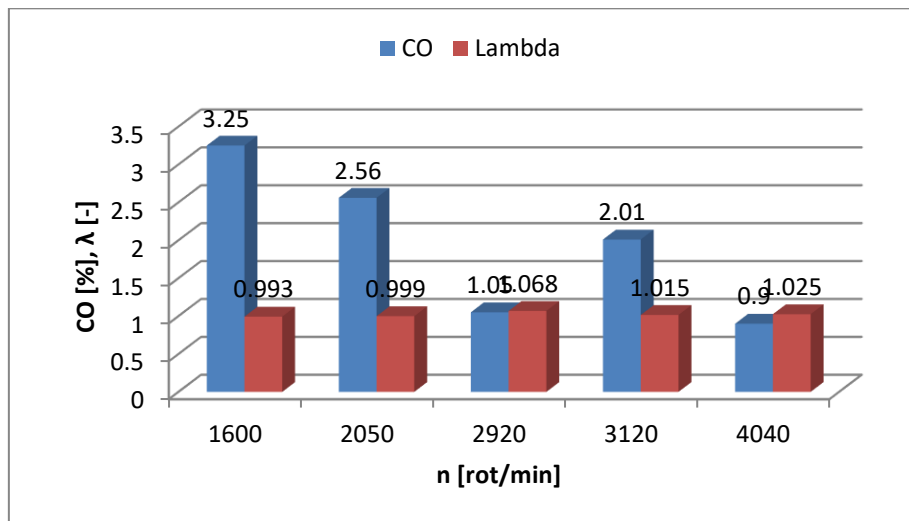


Fig. 5.57 Variația CO și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N



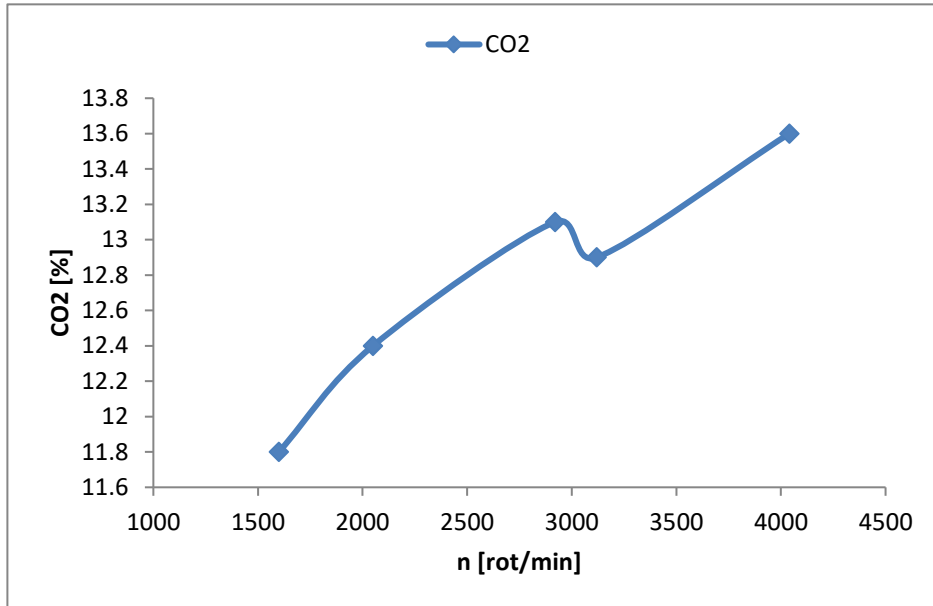


Fig. 5.58 Variația CO2 în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N

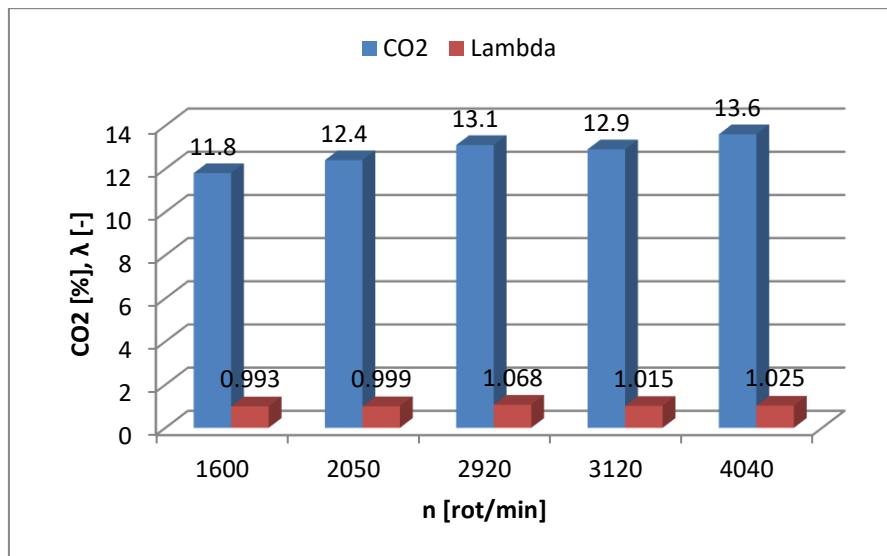


Fig. 5.59 Variația CO2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N

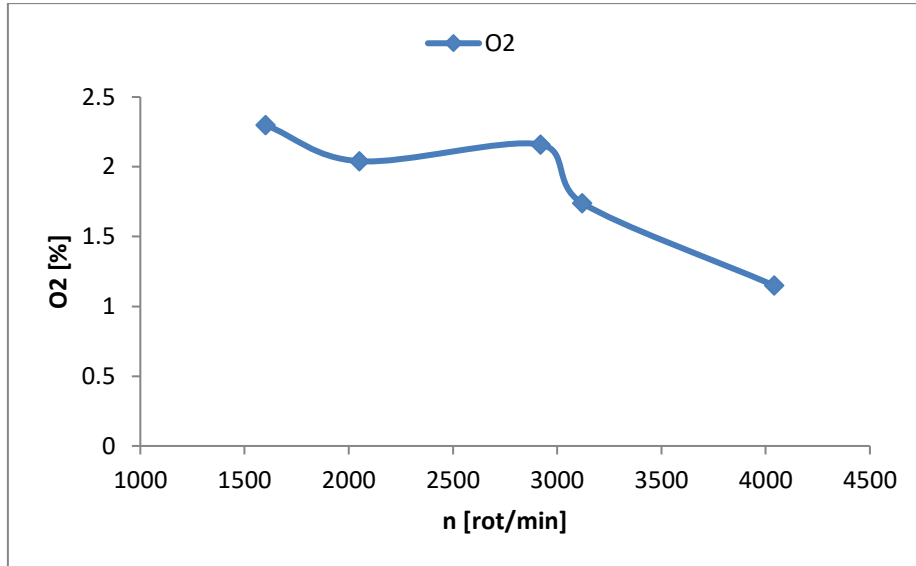


Fig. 5.60 Variația O2 în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N

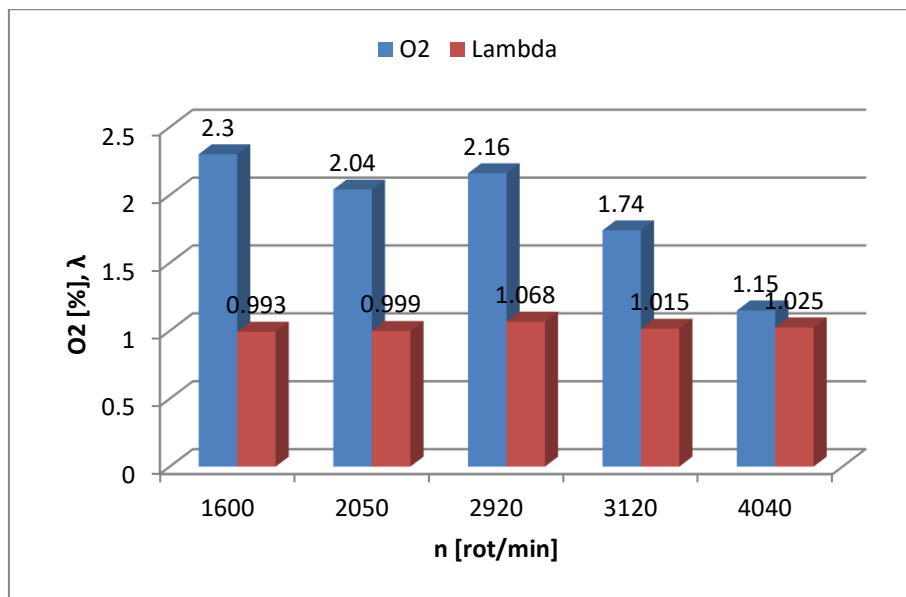


Fig. 5.61 Variația O2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N

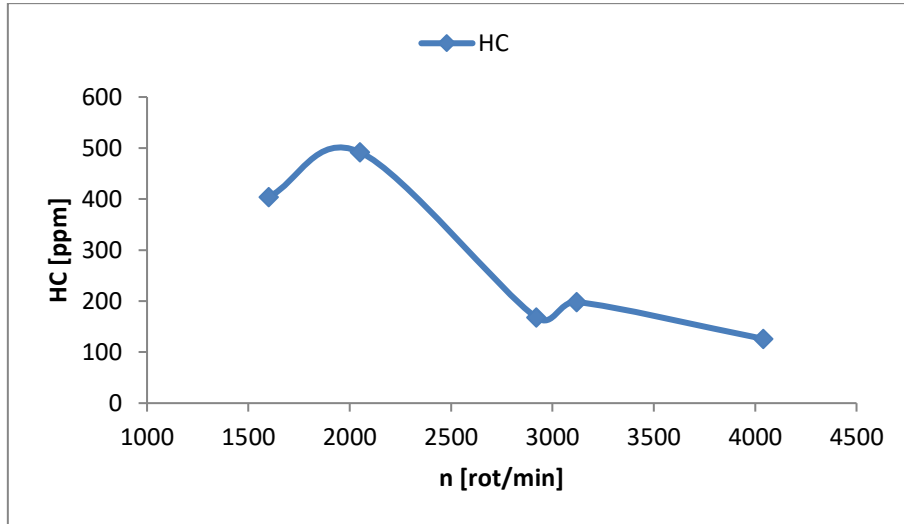


Fig. 5.62 Variația HC în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N

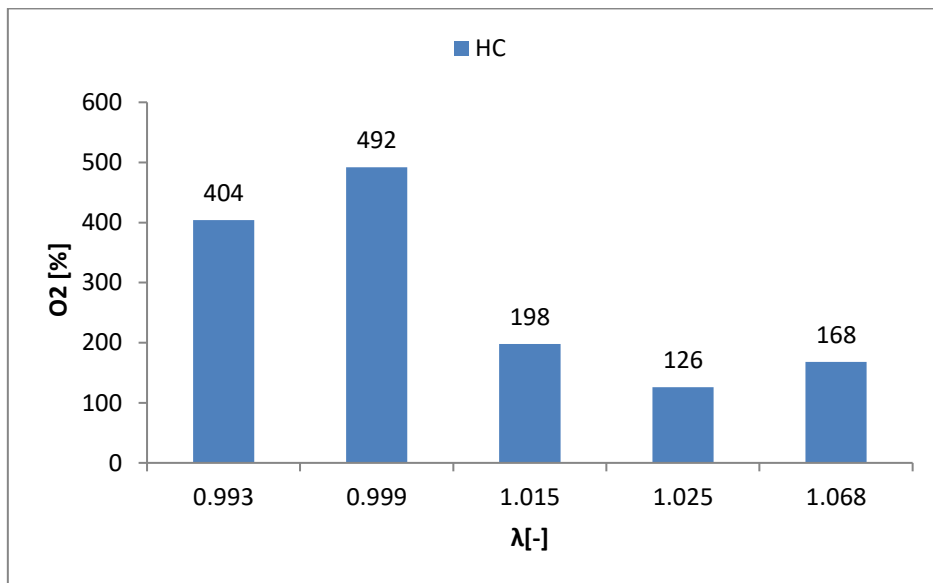


Fig. 5.63 Variația HC în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 2000 N

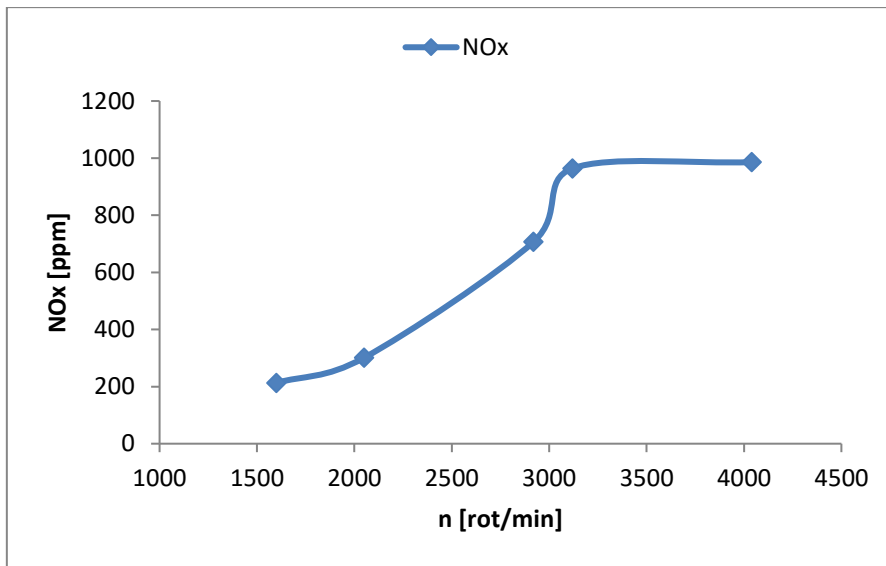


Fig. 5.64 Variația NOx în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N

Variația oxizilor de azot, comparativ între funcționarea motorului la forță de încărcare de 0 N și cea de mai sus,, funcție de turație, la forță de încărcare de 2000N, se constată că odată cu creșterea sarcinii motorului, crește și regimul termic implicit, ceea ce determină oxidarea mai puternică a azotului din aer.

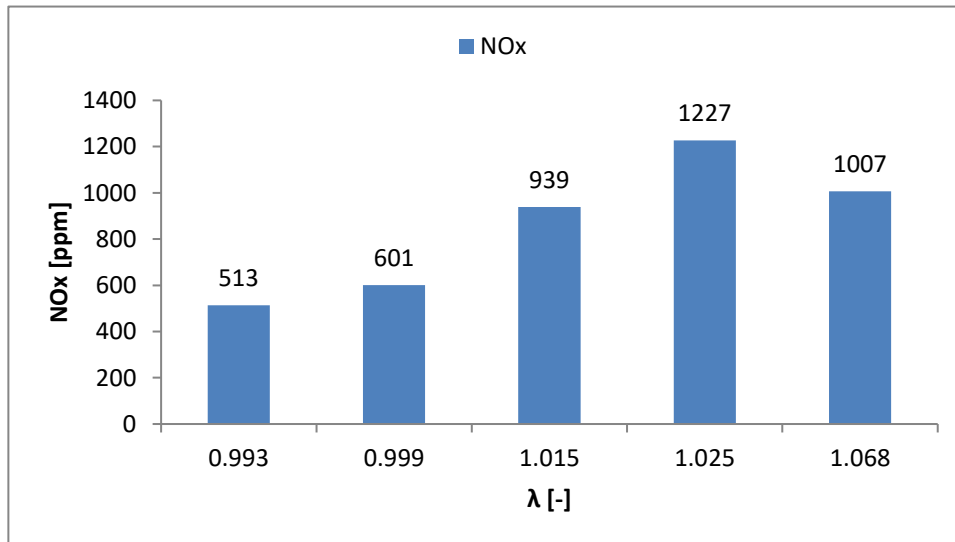


Fig. 5.65 Variația NOx în funcție de Lambda, la forță de încărcare de 2000 N

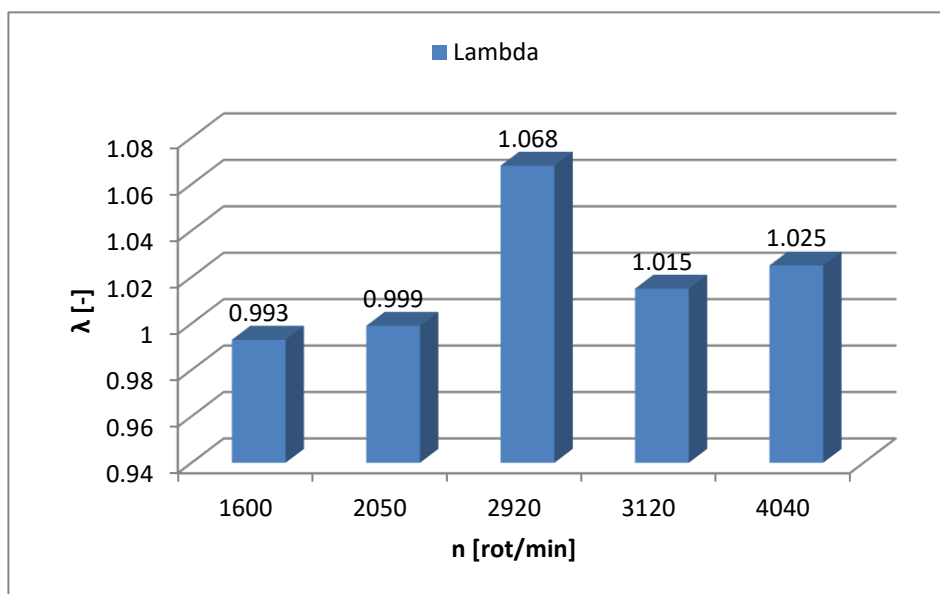


Fig. 5.66 Variația Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 2000N

Dioxidul de carbon crește (fig. 5.78, 5.79) odată cu creșterea încărcării motorului fiind că atât puterea cât și consumul de combustibil crește în acest caz; de remarcat însă că această creștere nu este prea mare ceea ce înseamnă că prin modificările făcute la motor consumul specific efectiv de combustibil a scăzut, făcând posibilă variația la limite restrânse ale  $\text{CO}_2$ .

Se observă din figurile (5.77, 5.78, 5.82, 5.83) că speciile CO și HC scad odată cu creșterea turației motorului, explicabil din creșterea regimului termic din cilindrii motorului, deci o ardere mai completă a carbonului și a hidrocarburilor din benzină.

Odată cu creșterea turației motorului, crescând numărul de cicluri motoare în unitatea de timp, crește regimul termic ceea ce determină creșterea  $\text{NO}_x$  la toate regimurile de încărcare (fig. 5.85).

În ceea ce privește emisia de  $\text{O}_2$ , pe toată durata cercetărilor experimentale, începând de la funcționarea motorului pe standul cu role la forță de încărcare de 0 N și inclusiv la forța maximă de încărcare, și anume de 2000 N, se poate observa o păstrare relativ constantă a unei valori medii în jurul a 2 [%].

#### 5.4. Studiu comparativ asupra speciilor gazelor poluante evacuate de către autovehiculul echipat cu ECU programabil

În capitolul precedent au fost prezentate evoluțiile speciilor poluante emise de către autovehiculul testat, Renault 5 GTT, supus cercetărilor experimentale, motor asupra căruia au fost realizate reglaje privind creșterea de putere și de moment cu ajutorul unității electronice de calcul de control programabile. Concluziile la care s-au ajuns au vizat evoluțiile speciilor poluante analizate pentru diferite forțe de încărcare, plecând de la 0N și ajungând până la 2000N. În cele ce urmează vor fi prezentate comparativ evoluțiile gazelor de evacuare  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ , HC și  $\text{NO}_x$ , plecând de la forța de încărcare de zero N până la forța maximă de încărcare la care a fost supus autovehiculul, și anume 2000N. Forța de încărcare se va nota mai departe cu F.

#### 5.4.1. Variația monoxidului de carbon

Tabel 5.5 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO [%] la 1500 rot/min
0	3,08
200	4,65
400	1,84
600	3,50
1000	3,31
2000	3,25

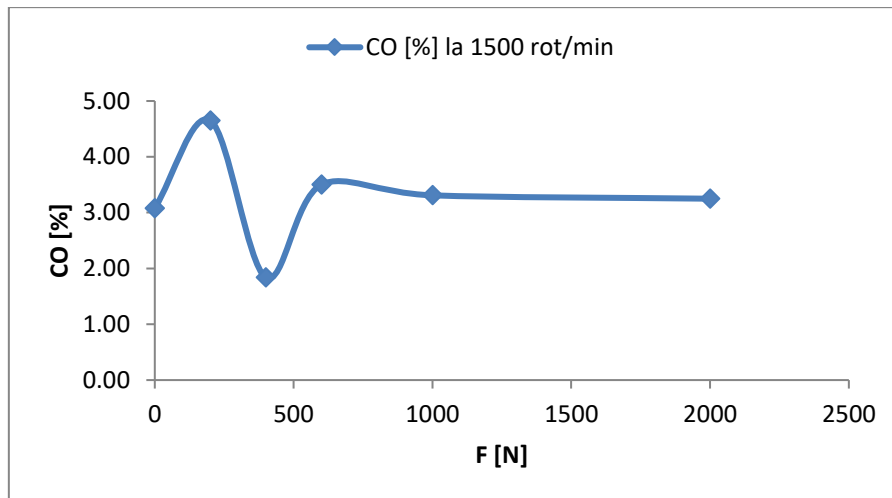


Fig. 5.67 Variație CO [%] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.6 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO [%] la 2000 rot/min
0	5,78
200	4,72
400	3,22
600	2,25
1000	1,78
1500	2,03
2000	2,56

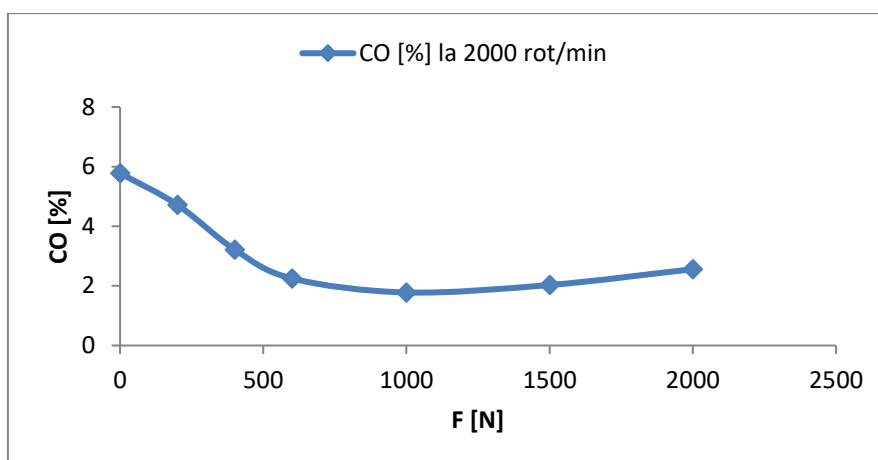


Fig. 5.68 Variație CO [%] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.7 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO [%] la 2500 rot/min
0	4,28
200	3,92
400	2,19
600	3,17
1000	1,01
1500	3,40
2000	1,05

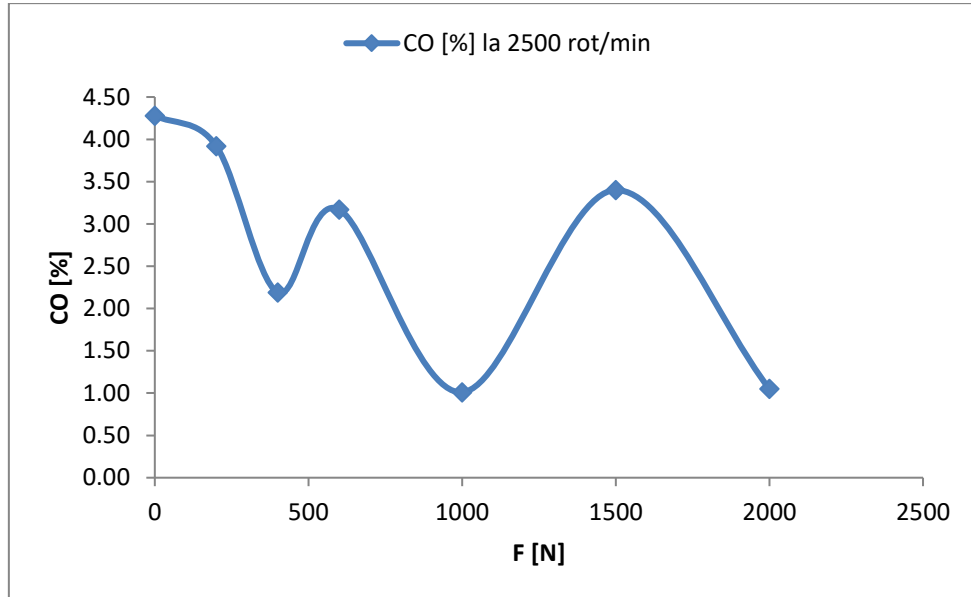


Fig. 5.69 Variație CO [%] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.8 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO [%] la 3000 rot/min
0	3,99
200	0,94
400	1,63
600	2,75
1000	1,56
1500	1,45
2000	2,01



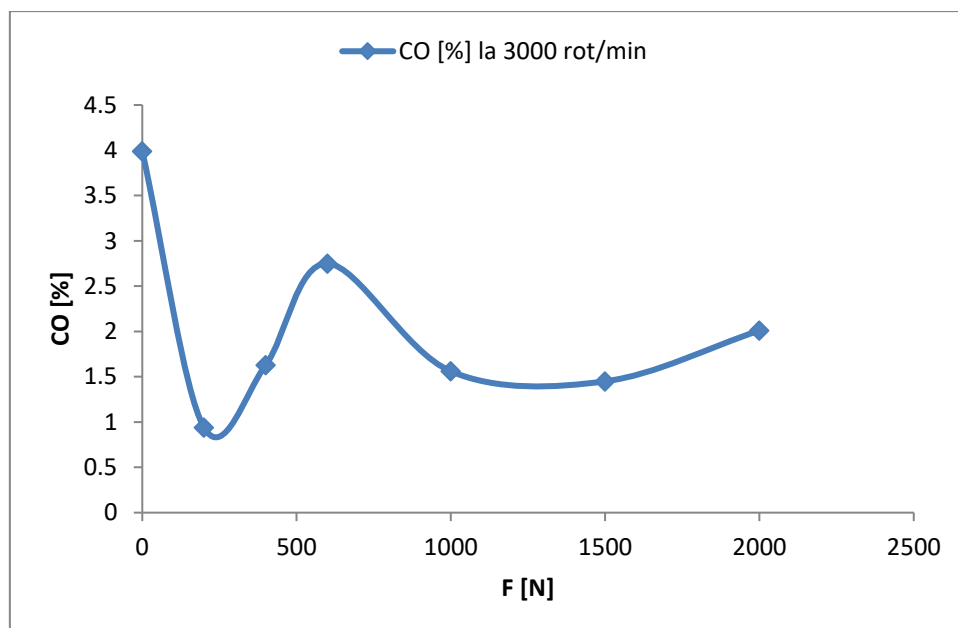


Fig. 5.70 Variație CO [%] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.9 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO [%] la 3500 rot/min
<b>0</b>	3,08
<b>200</b>	2,14
<b>400</b>	1,12
<b>600</b>	0,55
<b>1000</b>	1,35
<b>1500</b>	0,21
<b>2000</b>	0,84

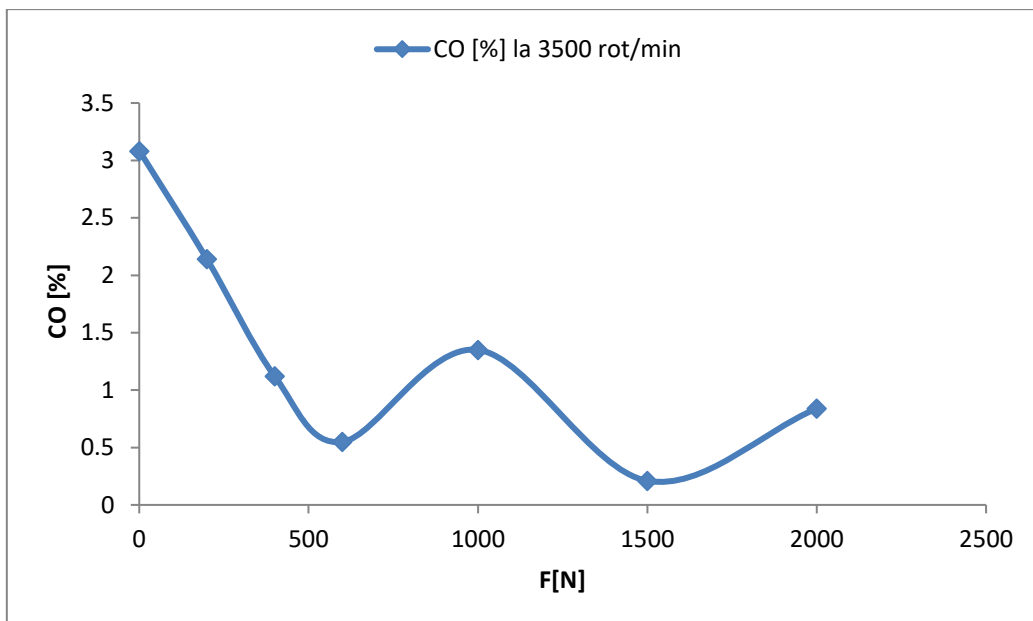


Fig. 5.71 Variație CO [%] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.10 Concentrație monoxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO [%] la 4000 rot/min
0	1,20
200	1,42
400	0,98
600	1,35
1000	0,88
1500	1,56
2000	0,90

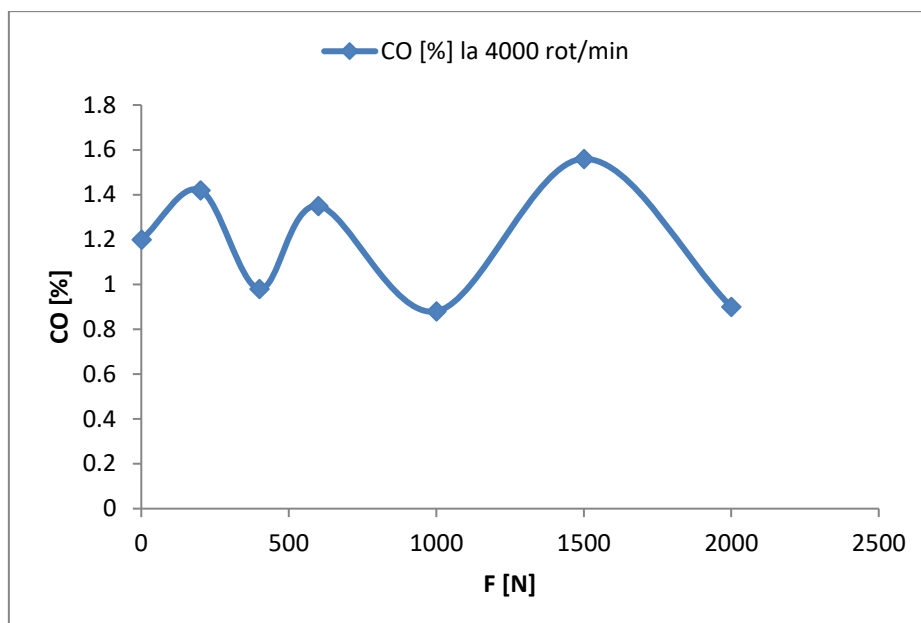


Fig. 5.72 Variație CO [%] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Studiul comparativ cu privire la emisia monoxidul de carbon, trecând de la încărcare de 0N și ajungând până la forța de încărcare de 2000N, păstrează "regula" din subcapitolul anterior, și anume odată cu creșterea încărcării motorului prin ridicarea regimului de temperaturi din cilindrii motorului, se intensifică arderea carbonului și a hidrocarburilor din combustibil ceea ce determină scăderea evidentă a speciilor de CO și HC.

În cazul funcționării vehiculului testat la turații crescute, mai mari de 3500 rot/min, s-au înregistrat doar trei puncte experimentale datorită condițiilor experimentale, lucru de altfel care permite afirmarea concluziilor la care s-au ajuns.

#### 5.4.2. Variația dioxidului de carbon

Tabel 5.11 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO <sub>2</sub> [%] la 1500 rot/min
0	12,20
200	10,10
400	12,60
600	11,00
1000	11,60
2000	11,80

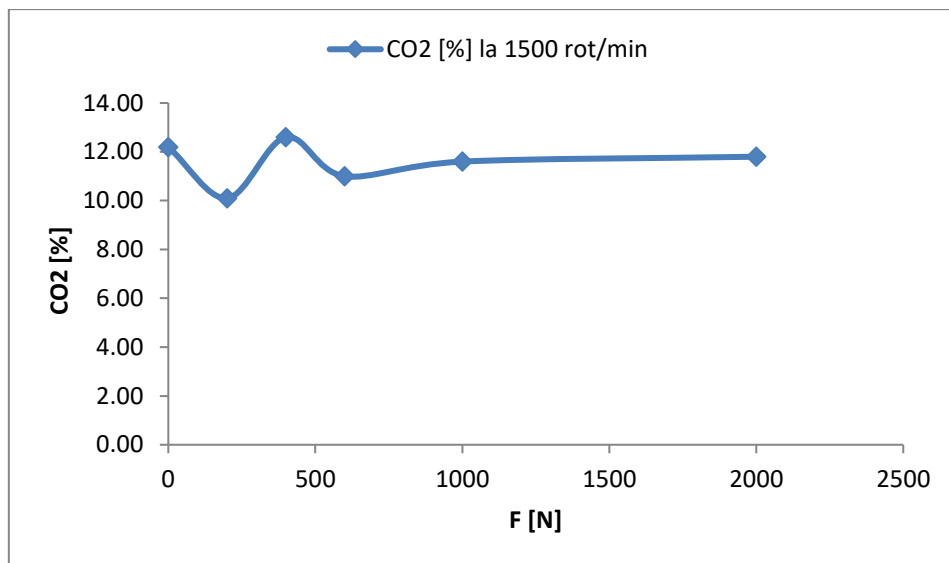


Fig. 5.73 Variație CO<sub>2</sub> [%] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.12 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

<b>Forță de încărcare [N]</b>	<b>CO<sub>2</sub> [%] la 2000 rot/min</b>
<b>0</b>	9,90
<b>200</b>	10,40
<b>400</b>	12,20
<b>600</b>	12,30
<b>1000</b>	12,30
<b>1500</b>	12,20
<b>2000</b>	12,40

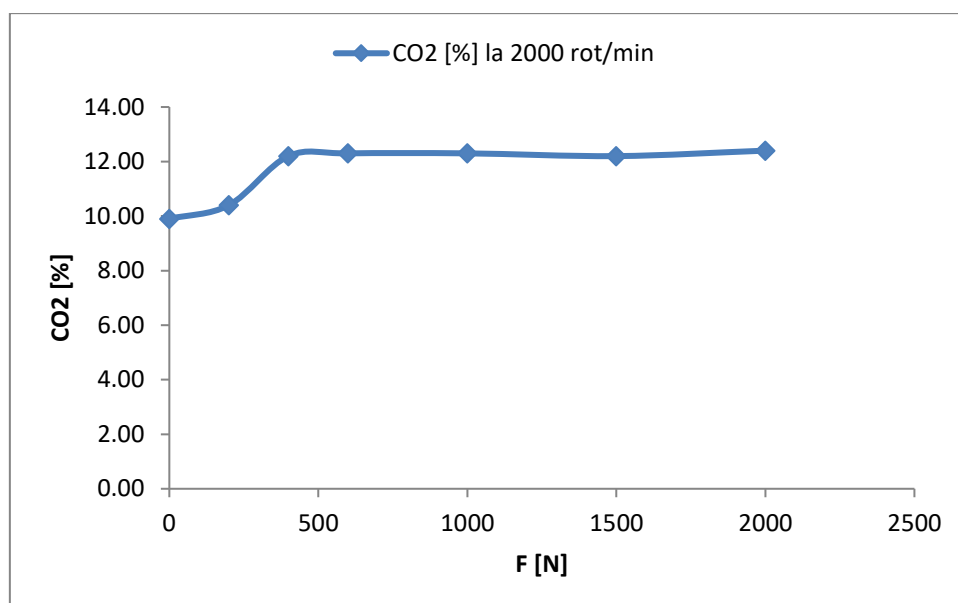


Fig. 5.74 Variație CO2 [%] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.13 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

<b>Forță de încărcare [N]</b>	<b>CO2 [%] la 2500 rot/min</b>
<b>0</b>	10,50
<b>200</b>	11,20
<b>400</b>	12,20
<b>600</b>	11,90
<b>1000</b>	12,70
<b>1500</b>	12,40
<b>2000</b>	13,10

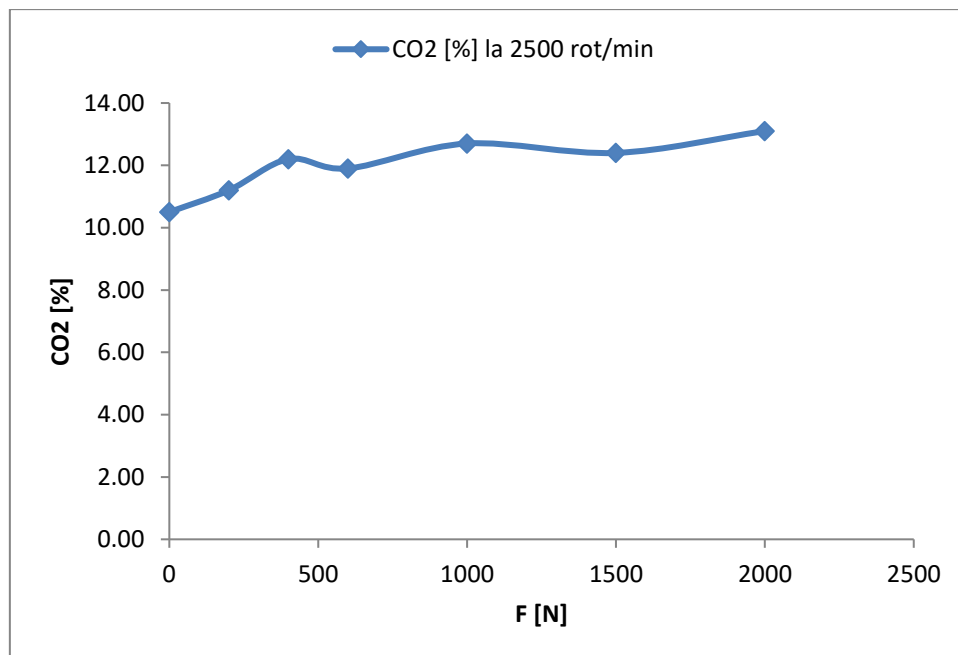


Fig. 5.75 Variație CO2 [%] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.14 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO2 [%] la 3000 rot/min
0	12,20
200	13,80
400	13,00
600	12,50
1000	13,60
1500	13,30
2000	13,60

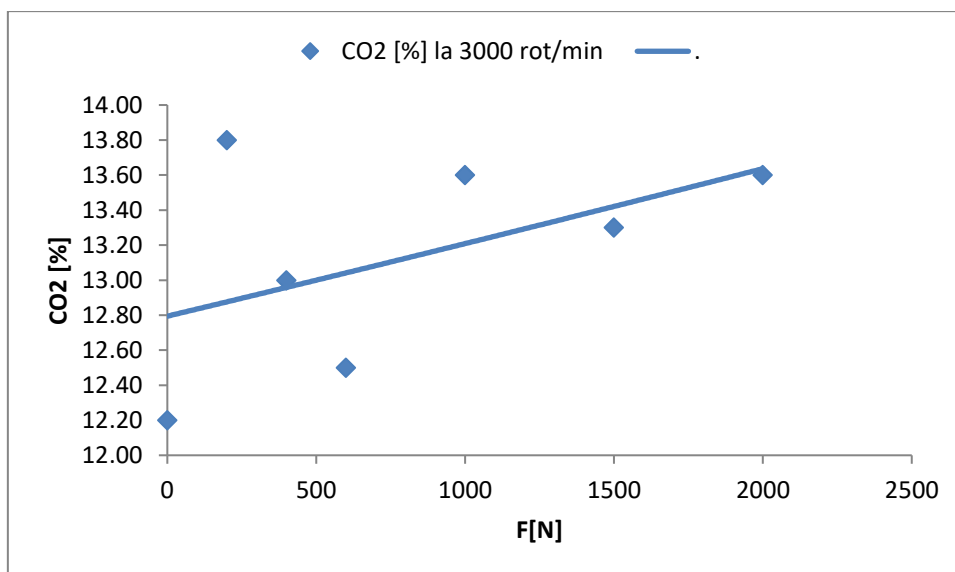


Fig. 5.76 Variație CO2 [%] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.15 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

<b>Forță de încărcare [N]</b>	<b>CO2 [%] la 3500 rot/min</b>
<b>0</b>	11,24
<b>200</b>	10,80
<b>400</b>	12,50
<b>600</b>	14,20
<b>1000</b>	13,20
<b>1500</b>	13,60
<b>2000</b>	16,10

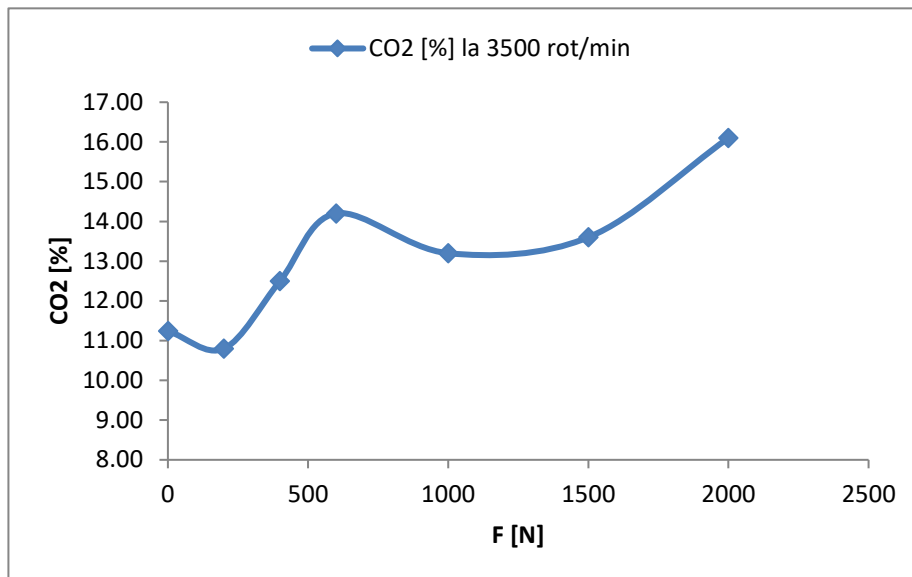


Fig. 5.77 Variație CO2 [%] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.16 Concentrație dioxid de carbon [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	CO2 [%] la 4000 rot/min
<b>0</b>	11,80
<b>200</b>	10,00
<b>400</b>	11,00
<b>600</b>	10,53
<b>1000</b>	13,40
<b>1500</b>	13,70
<b>2000</b>	13,60



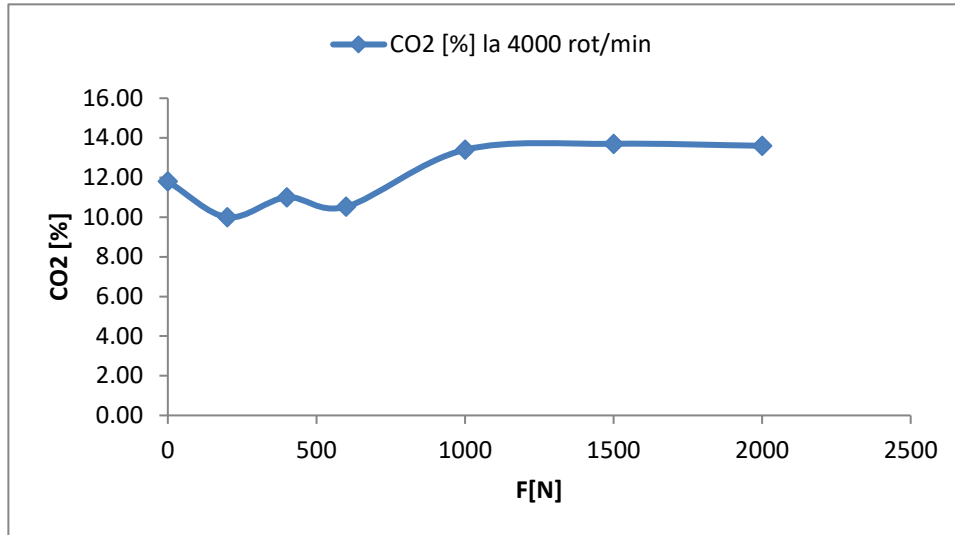


Fig. 5.78 Variație CO2 [%] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Din analiza graficelor prezentate se constată că în procesul de mărire a puterii motorului (tuning) emisia de dioxid de carbon va crește în măsura creșterii puterii mai ales la turațiile cele mai frecvente în exploatare cuprinse între 2000 și 3000 rot/min. Se observă deasemenea că odată cu creșterea regimului de funcționare, a turației, și a forței de încărcare, valorile atinse de emisie de CO<sub>2</sub> atinge maxime de 13...14 [%]. Aceste creșteri ale regimului de funcționare este specifică competițiilor sportive, unde motorul trece de la un regim de funcționare la altul într-un timp foarte scurt, cu valori ale puterii efective și ale momentului motor efectiv foarte mari.

### 5.4.3. Variația oxigenului

Tabel 5.17 Concentrație oxigen [%] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	O2 [%] la 1500 rot/min
0	1,66
200	2,08
400	1,79
600	2,10
1000	1,86
2000	2,30

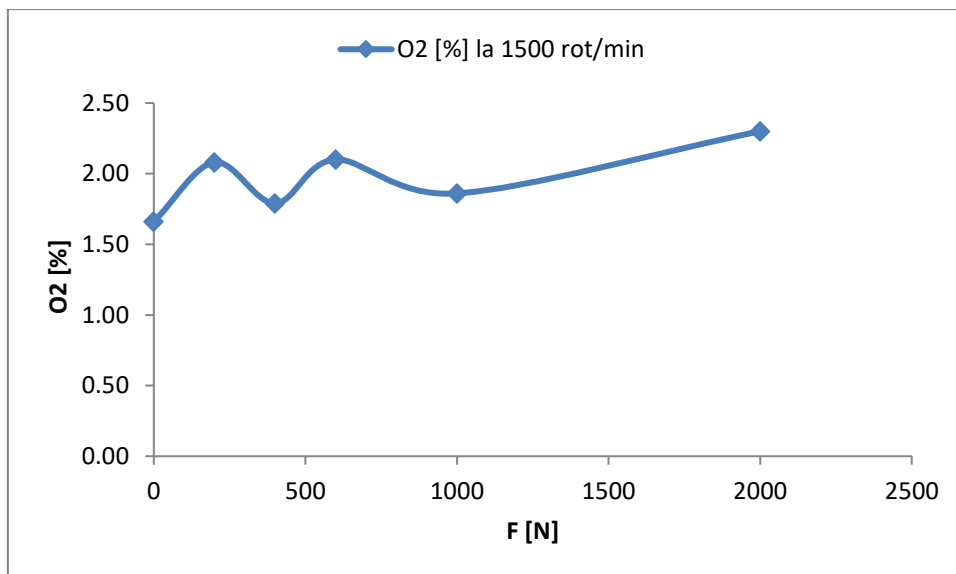


Fig. 5.79 Variație O2 [%] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.18 Concentrație oxigen [%] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	O2 [%] la 2000 rot/min
<b>0</b>	2,07
<b>200</b>	1,94
<b>400</b>	1,83
<b>600</b>	2,01
<b>1000</b>	2,01
<b>1500</b>	2,10
<b>2000</b>	2,04

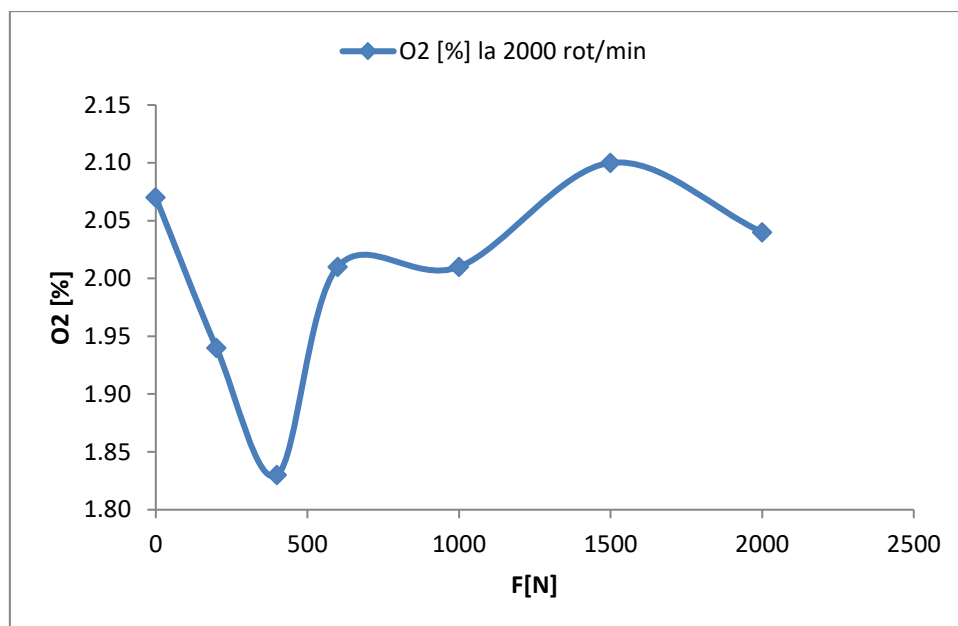


Fig. 5.80 Variație O2 [%] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.19 Concentrație oxigen [%] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	O2 [%] la 2500 rot/min
<b>0</b>	2,77
<b>200</b>	1,79
<b>400</b>	2,09
<b>600</b>	1,73
<b>1000</b>	1,94
<b>1500</b>	1,54
<b>2000</b>	2,16

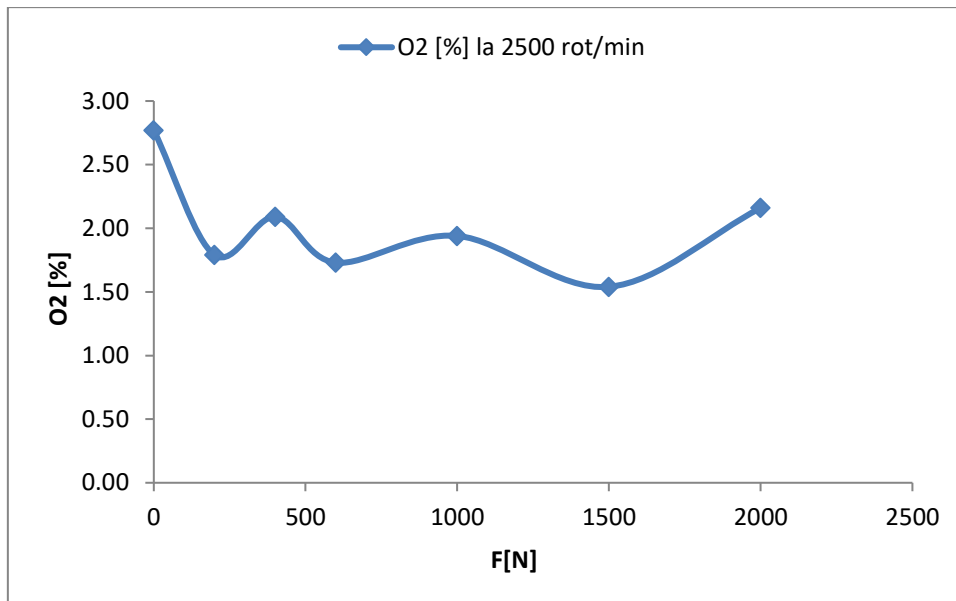


Fig. 5.81 Variație O2 [%] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.20 Concentrație oxigen [%] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	O2 [%] la 3000 rot/min
0	1,66
200	1,23
400	1,41
600	2,27
1000	0,91
1500	0,98
2000	1,74

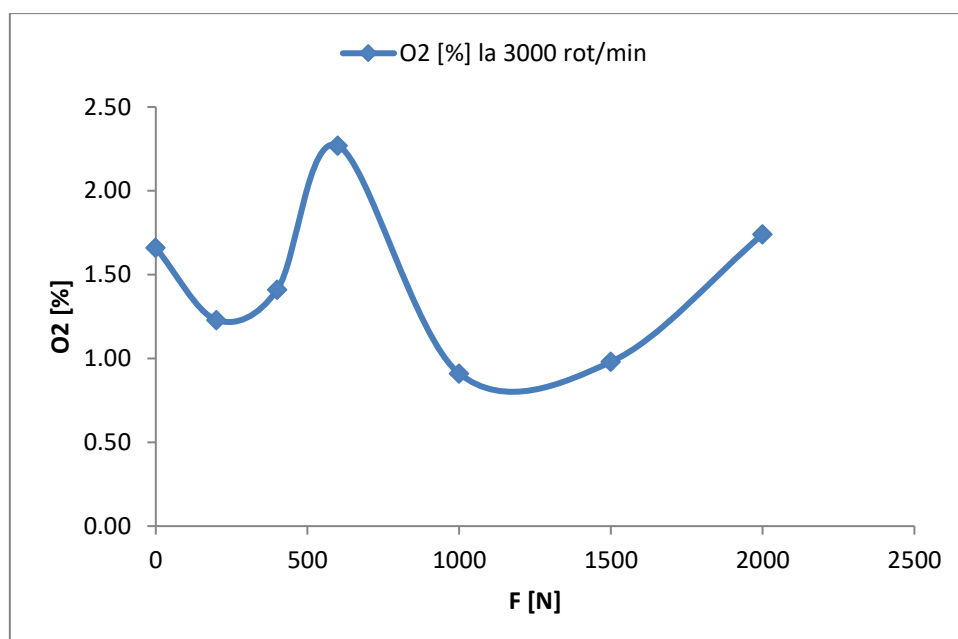


Fig. 5.82 Variație O2 [%] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.21 Concentrație oxigen [%] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

<b>Forță de încărcare [N]</b>	<b>O2 [%] la 3500 rot/min</b>
<b>0</b>	1,4
<b>200</b>	1,25
<b>400</b>	0,86
<b>600</b>	0,78
<b>1000</b>	1,57
<b>1500</b>	1,44
<b>2000</b>	1,15

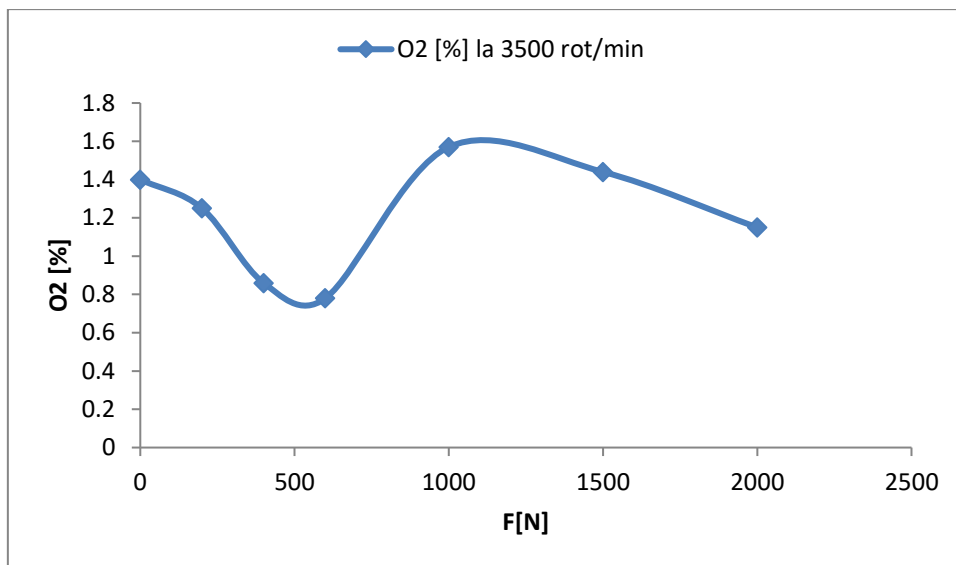


Fig. 5.83 Variație O2 [%] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.22 Concentrație oxigen [%] la turația de 4000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

<b>Forță de încărcare [N]</b>	<b>O2 [%] la 4000 rot/min</b>
<b>0</b>	1,21
<b>200</b>	1,37
<b>400</b>	1,48
<b>600</b>	1,35
<b>1000</b>	1,45
<b>1500</b>	1,55
<b>2000</b>	1,15

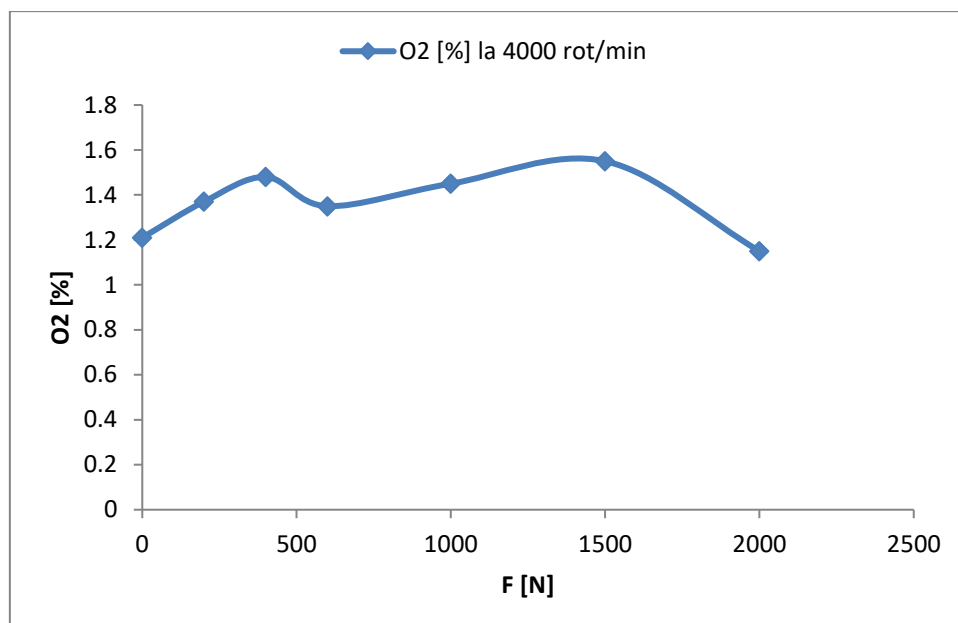


Fig. 5.84 Variație O<sub>2</sub> [%] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Oxigenul prezent în gazele de ardere prezintă o variație relativ constantă, în jurul valorii de 2[%], pentru funcționarea autovehiculului la sarcini mici și forțe de încărcare scăzute. Odată cu creșterea regimului de funcționare, a turației și a forței de încărcare, valoarea medie maximă atinge de oxigenul din gazele evacuate atinge valoarea de 1.5 [%], acest lucru datorându-se creșterii încărcării motorului prin ridicarea regimurilor de temperaturi din interiorul cilindrilor motoului.

#### 5.4.4. Variația hidrocarburilor nearse

Tabel 5.23 Concentrație hidrocarburi nearse [ppm] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	HC [ppm] la 1500 rot/min
0	369
200	453
400	181
600	527
1000	208
2000	404

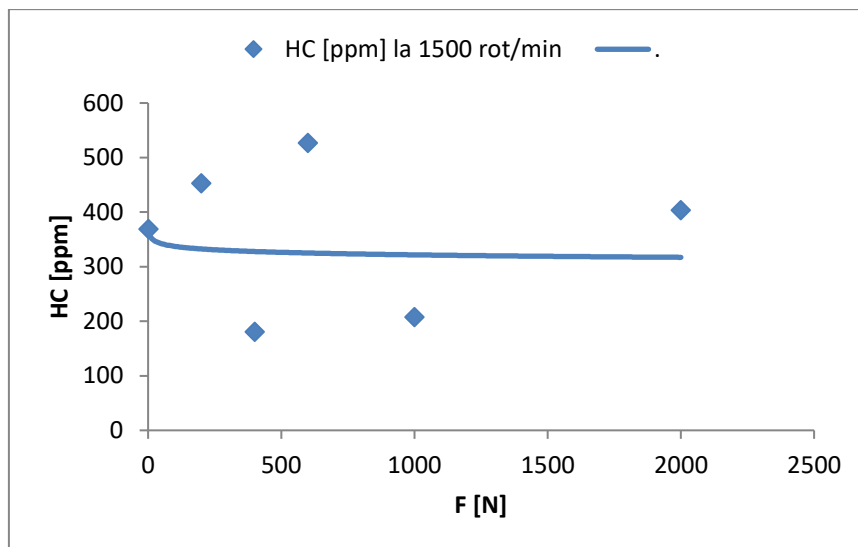


Fig. 5.85 Variație HC [ppm] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.24 Concentrație hidrocarburi neare [ppm] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	HC [ppm] la 2000 rot/min
0	523
200	413
400	433
600	199
1000	171
1500	151
2000	492



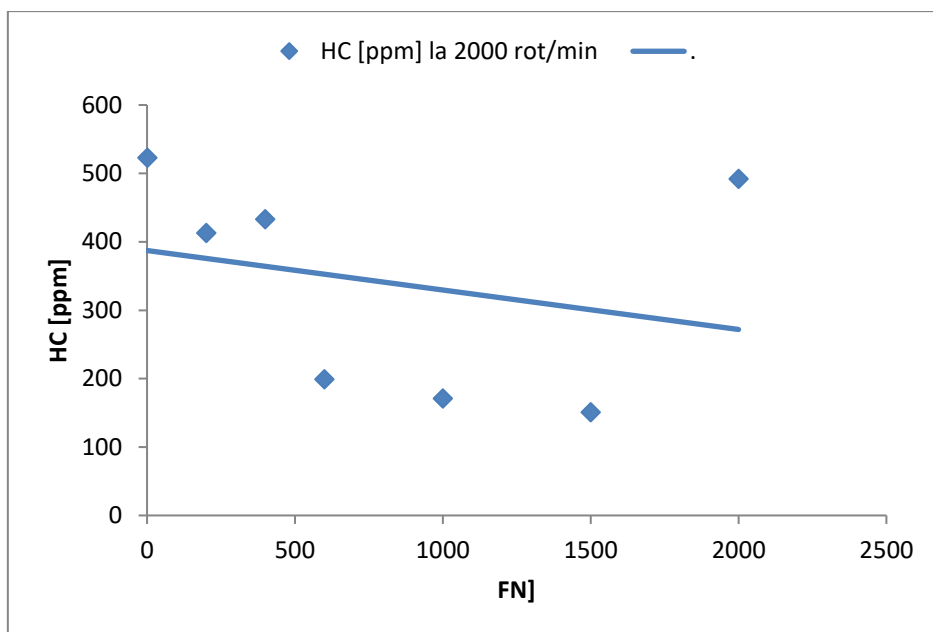


Fig. 5.86 Variație HC [ppm] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.25 Concentrație hidrocarburi neare [ppm] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

<b>Forță de încărcare [N]</b>	<b>HC [ppm] la 2500 rot/min</b>
<b>0</b>	1379
<b>200</b>	811
<b>400</b>	204
<b>600</b>	797
<b>1000</b>	178
<b>1500</b>	1206
<b>2000</b>	168

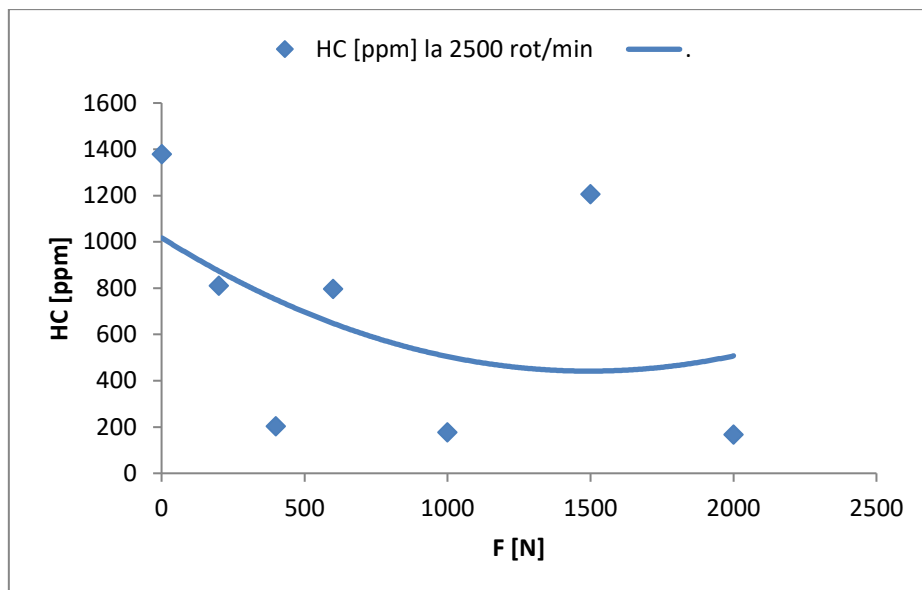


Fig. 5.87 Variație HC [ppm] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.26 Concentrație hidrocarburi neare [ppm] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	HC [ppm] la 3000 rot/min
0	454
200	169
400	143
600	409
1000	101
1500	116
2000	198

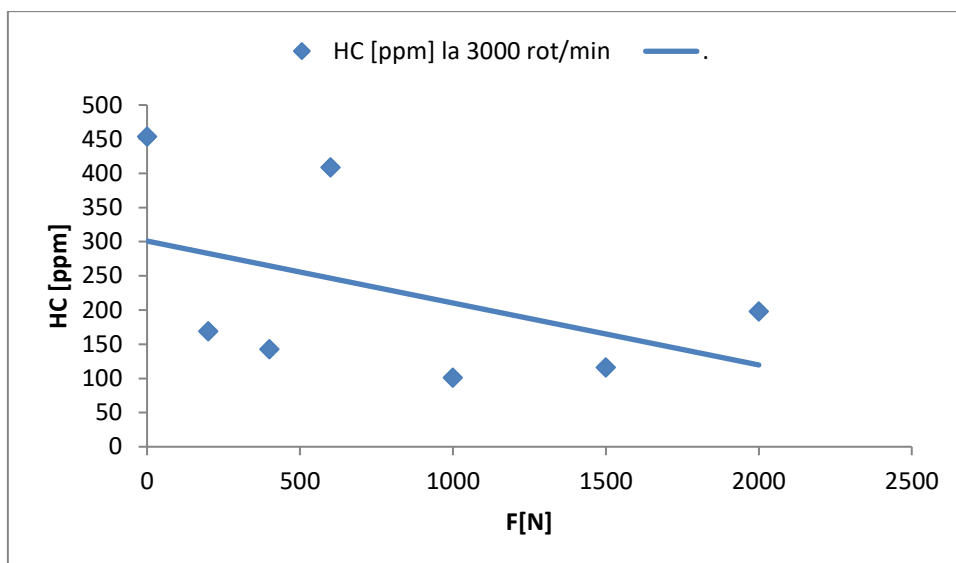


Fig. 5.88 Variație HC [ppm] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.27 Concentrație hidrocarburi neare [ppm] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	HC [ppm] la 3500 rot/min
0	369
200	278
400	135
600	85
1000	104
1500	67
2000	57

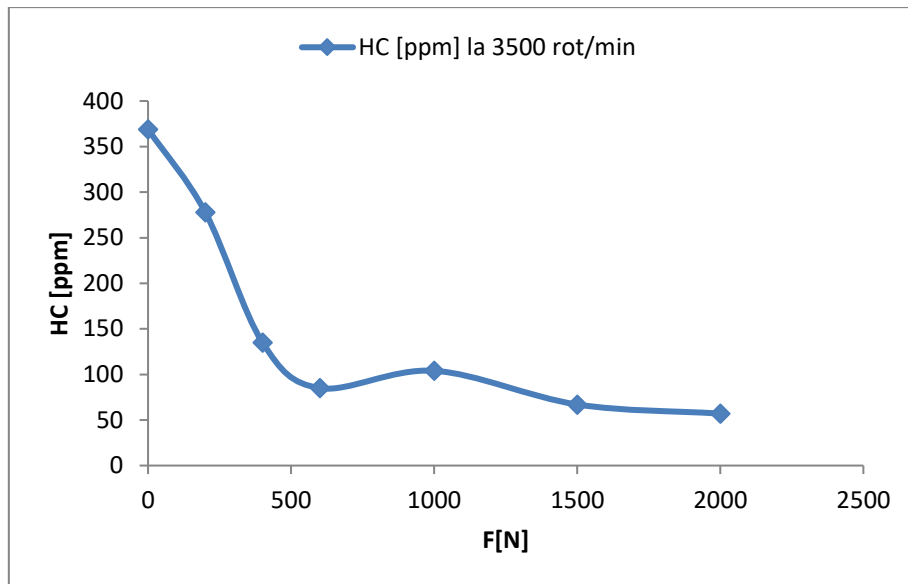


Fig. 5.89 Variație HC [ppm] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.28 Concentrație hidrocarburi neare [ppm] la turația de 4000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	HC [ppm] la 4000 rot/min
0	34
200	39
400	53
600	62
1000	77
1500	121
2000	126

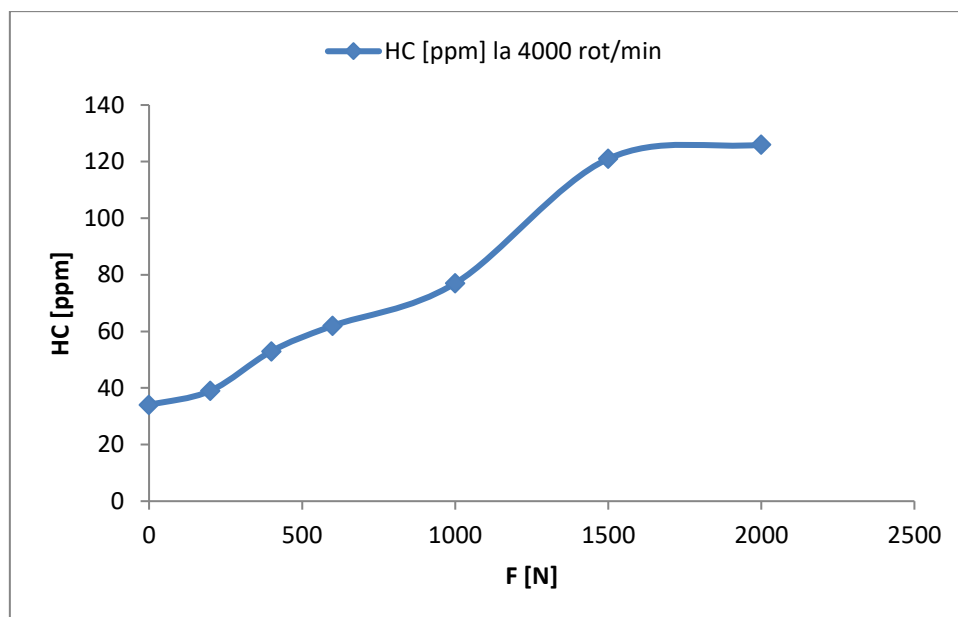


Fig. 5.90 Variație HC [ppm] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Emisia de hidrocarburi nearse pentru vehiculul testat prezintă curbe descendente pentru toate regimurile de funcționare, consecință a creșterii încărcării motorului testat prin creșterea regimului temperaturilor din cilindrii motorului. Valorile cele mai ridicate se prezintă pentru funcționarea motorului la turația de 2500 rot/min (fig. 5.107), iar la turații de 4000 rot/min hidrocarburile nearse prezintă o ușoară creștere, acest lucru datorându-se regimului de funcționare foarte crescut al motorului.

#### 5.4.5. Variația oxizilor de azot

Tabel 5.29 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 1500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	NOx [ppm] la 1500 rot/min
0	155
200	168
400	170
600	176
1000	184
2000	213

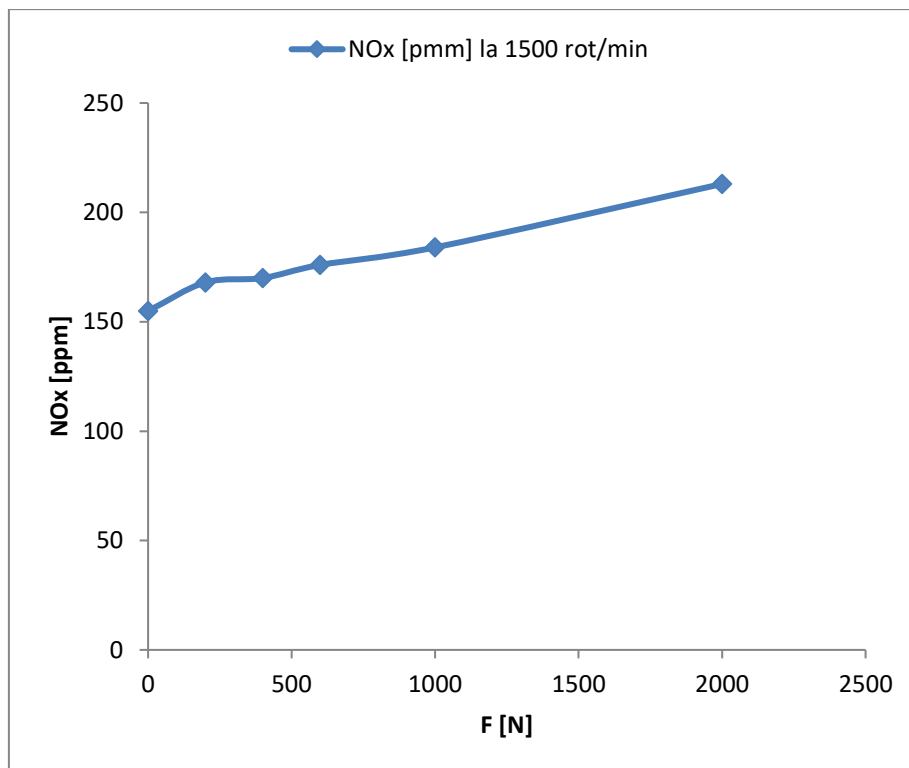


Fig. 5.91 Variație NOx [ppm] la turația de 1500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.30 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 2000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	NOx [ppm] la 2000 rot/min
0	227
200	293
400	251
600	267
1000	243
1500	260
2000	301

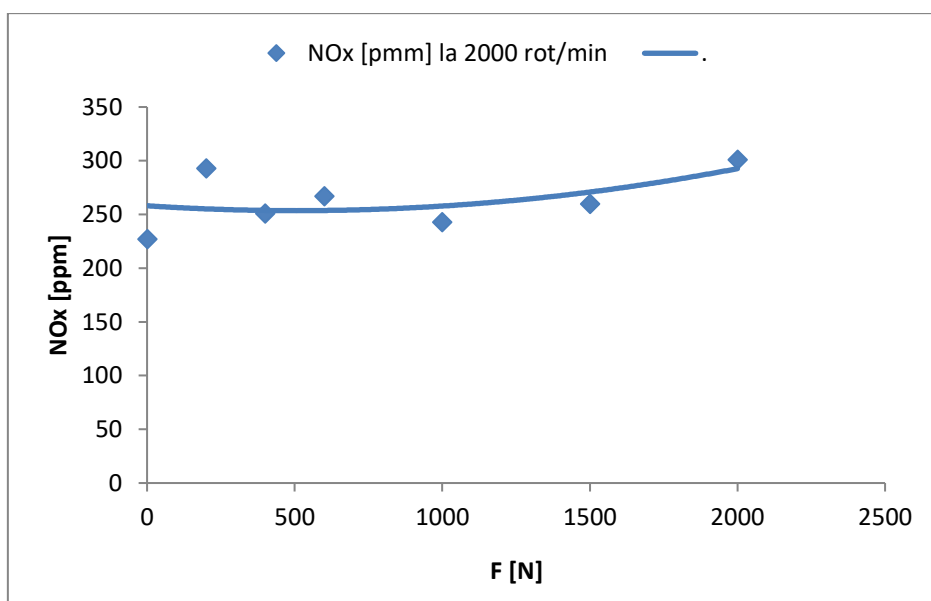


Fig.5.92 Variație NOx [ppm] la turația de 2000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.31 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 2500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	NOx [ppm] la 2500 rot/min
0	283
200	330
400	462
600	408
1000	369
1500	391
2000	707

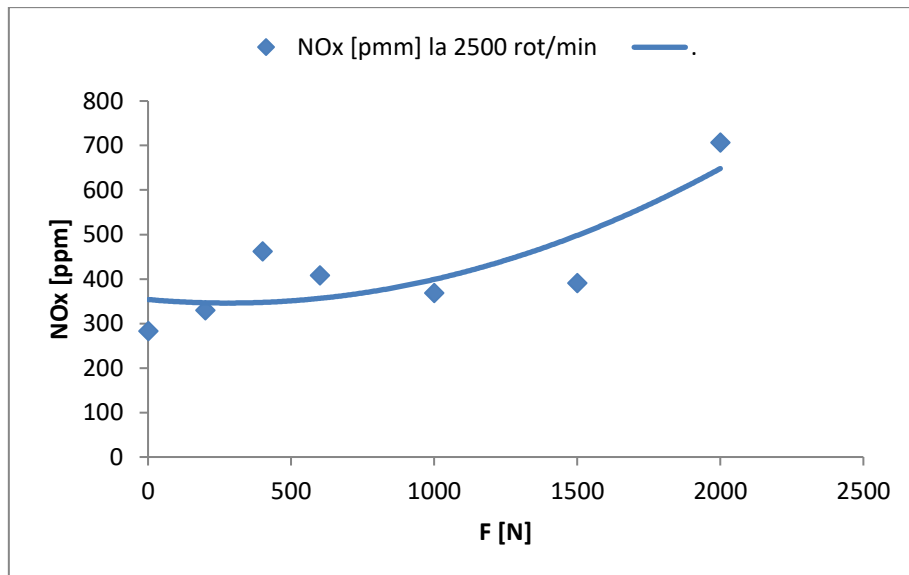


Fig. 5.93 Variație NOx [ppm] la turația de 2500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.32 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 3000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	NOx [ppm] la 3000 rot/min
0	279
200	481
400	531
600	313
1000	690
1500	946
2000	964



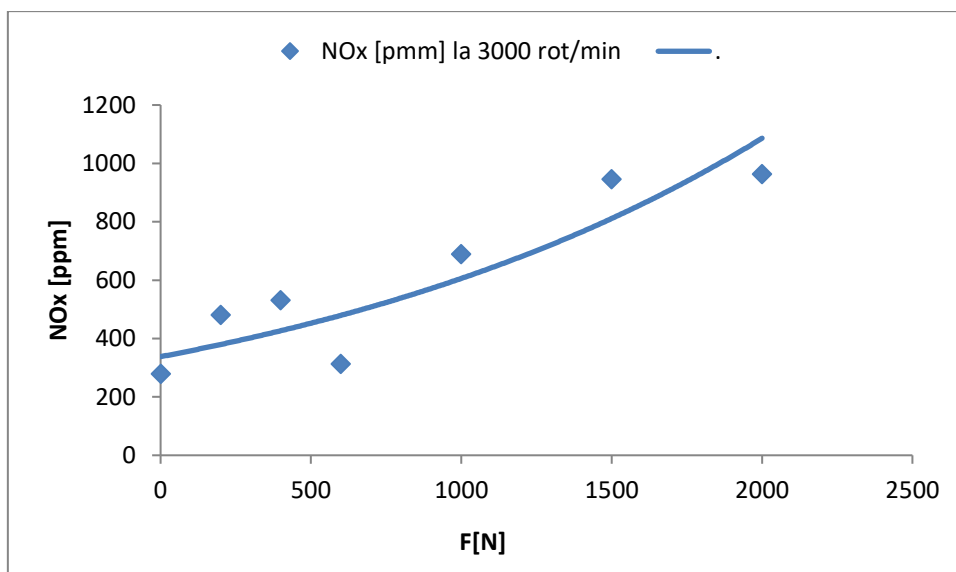


Fig. 5.94 Variație NOx [ppm] la turația de 3000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.33 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 3500 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

<b>Forță de încărcare [N]</b>	<b>NOx [ppm] la 3500 rot/min</b>
<b>0</b>	365
<b>200</b>	412
<b>400</b>	541
<b>600</b>	622
<b>1000</b>	561
<b>1500</b>	1056
<b>2000</b>	1123

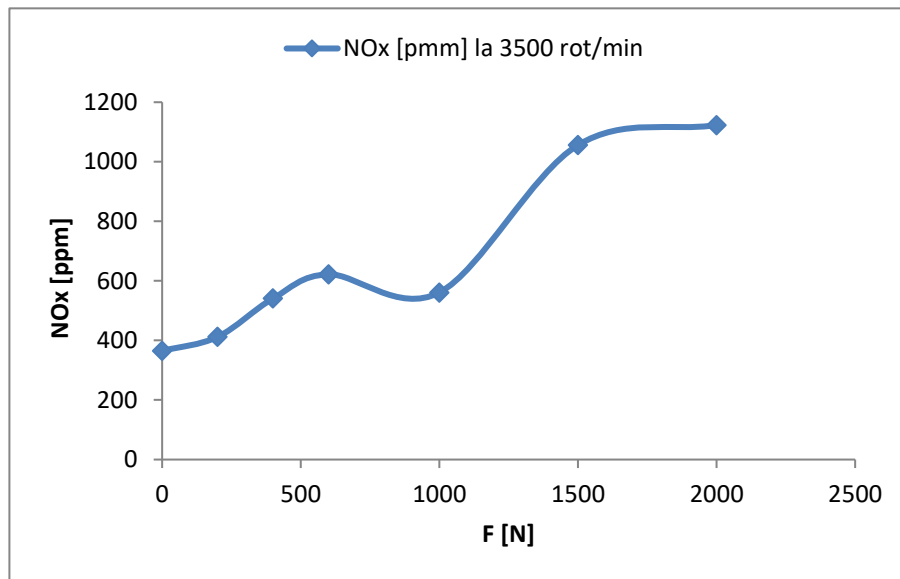


Fig. 5.95 Variație NOx [ppm] la turația de 3500 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

Tabel 5.34 Concentrație oxizi de azot [ppm] la turația de 4000 rot/min la valori diferite ale forței de încărcare

Forță de încărcare [N]	NOx [ppm] la 4000 rot/min
0	119
200	189
400	256
600	521
1000	466
1500	1216
2000	927

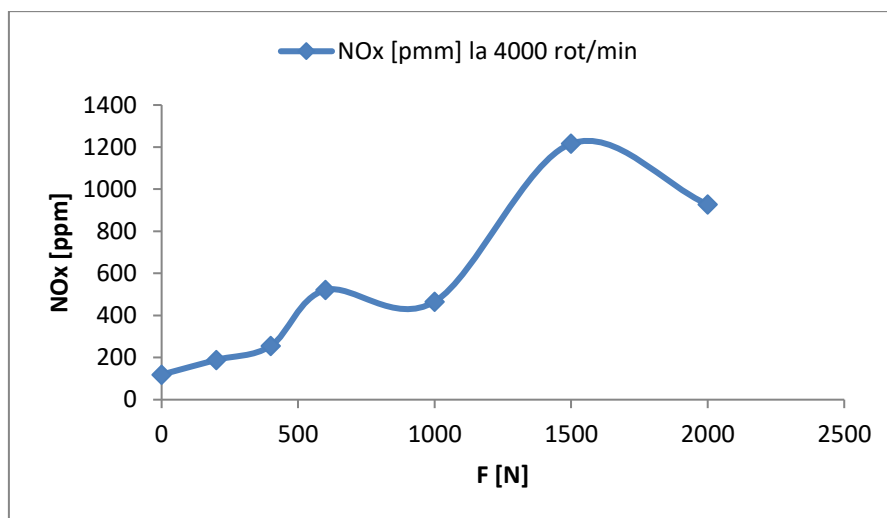


Fig. 5.96 Variație NOx [ppm] la turația de 4000 rot/min, la valori diferite ale forței de încărcare

În ceea ce privește această specie poluantă, și anume oxizii de azot, se poate observa că la toate turațiile de funcționare oxizii de azot cresc odată cu încărcarea motorului datorită regimului termic tot mai ridicat și odată cu creșterea sarcinii. Pentru fiecare funcționare a motorului, la diferitele forțe de încărcare, această specie poluant prezintă numai valori crescătoare.

### 5.5. Studii și cercetări experimentale realizate asupra motorului Golf II

Următorul caz studiat, asupra căruia au fost realizate teoretice și cercetări experimentale este motorului GX ce echipază Volkswagen Golf II [111].

Datele tehnice din echiparea standard a motorului sunt:

- Motor cu aprindere prin scânteie
- Cod motor – GX
- Cilindree – 1763 cm<sup>3</sup>
- Masa – 1195 kg
- 4 cilindrii în linie
- Putere efectivă maximă – 66kW la 5400 rot/min
- Moment motor maxim – 140 kW la 3200 rot/min
- Raportul de compresie – 10,8:1
- Viteza maximă – 175 km/h la 5600 rot/min
- An de fabricație – 1988

S-au realizat asupra motorului o serie de modificări mecanice, dintre care amintim: arbore cotit forjat (1.8l, 16V, KR), bielle forjate (1.8l, 16V, KR), pistoane forjate (1.8l, 16V, KR), volant ușurat (de la 8 kg la 3 kg prin strunjire), raportul de compresie de 9.2:1, injecție electronică MSQ II V30, injectoare – 4 bari, regulator reglabil pentru presiune combustibil, presiune aer admisie – 0,25 bari, compresor G 60, traseu evacuare inox – 63 mm, traseu admisie aer – 60 mm, intercooler. Pentru completarea acestor modificări mecanice s-a realizat echiparea motorului cu ECU programabil MSQ, destinat să controleze amestecul carburant asemenea modelului prezentat anterior (motorul Volvo 440 Turbo, ce echipază Renault 5 GTT), scopul

fiind creșterea performanțelor energetice ale motorului. S-a urmărit de asemenea și natura gazelor de evacuare emise de către motorul testat, la rularea cu forță de încărcare de 0N, 400N și 2000N. S-a avut în vedere controlul AFR cu ajutorul sondei lambda bandă largă (wide band), realizându-se noi hărți pentru amestecul carburant. În figurile 5.98 și 5.99 se prezintă curbele de putere efectivă și de moment motor efectiv. În anexa 16 se prezintă variația acestor curbe ridicate pe standul dinamic cu role Maha LPS 3000.



Fig. 5.97 Motorul testat GX 1.8 ce echipează VW Golf II

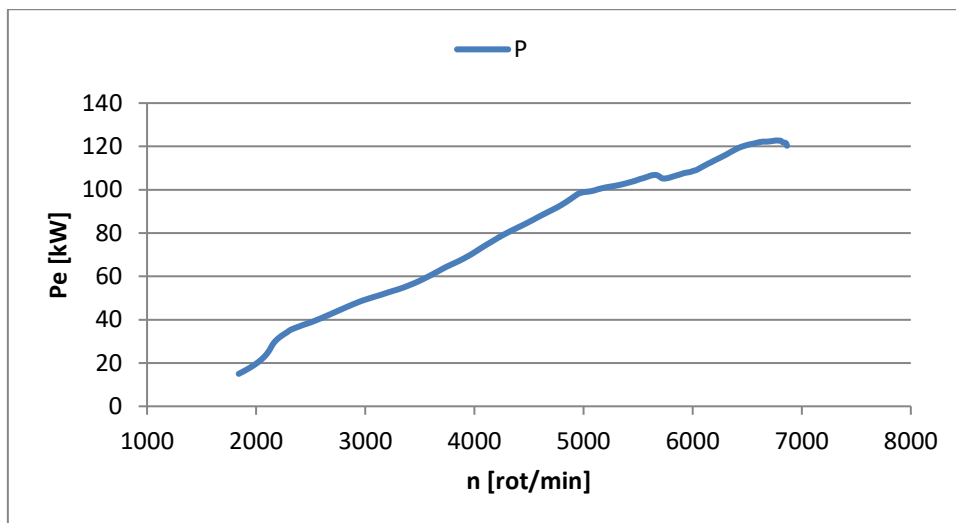


Fig. 5.98 Variația puterii efective a motorul testat GX 1.8 Golf II

S-a constata o creștere semnificativă a puterii efective a motorului testat, urmare a modificărilor mecanice, completate cu reglajele realizate din ECU programabil MSQ. Creșterea în procente, a puterii efective a motorului, se prezintă în cele ce urmează:

$$\frac{P_{e\max}}{P_n} = \frac{66}{122} \cdot 100 = 54\% \quad (5.2)$$

Punctul de plecare a fost de asemenea harta cu valori implicite ale AFR, reglajele fiind frealizate pe standul dinamic cu role Maha LPS 3000. S-a urmărite îmbogățirea amestecului carburant prin micșorarea valorilor coeficientului excesului de aer lambda, însă speciile poluante analizate au prezentat valori care, asemenea cazului anterior prezentat, nu se încadrează în limitele legale.

Variația speciilor poluante sunt prezentate în cele ce urmează, fiind prezentate trei cazuri analizate, și anume pentru forța de încărcare 0N, 200N și 2000N.

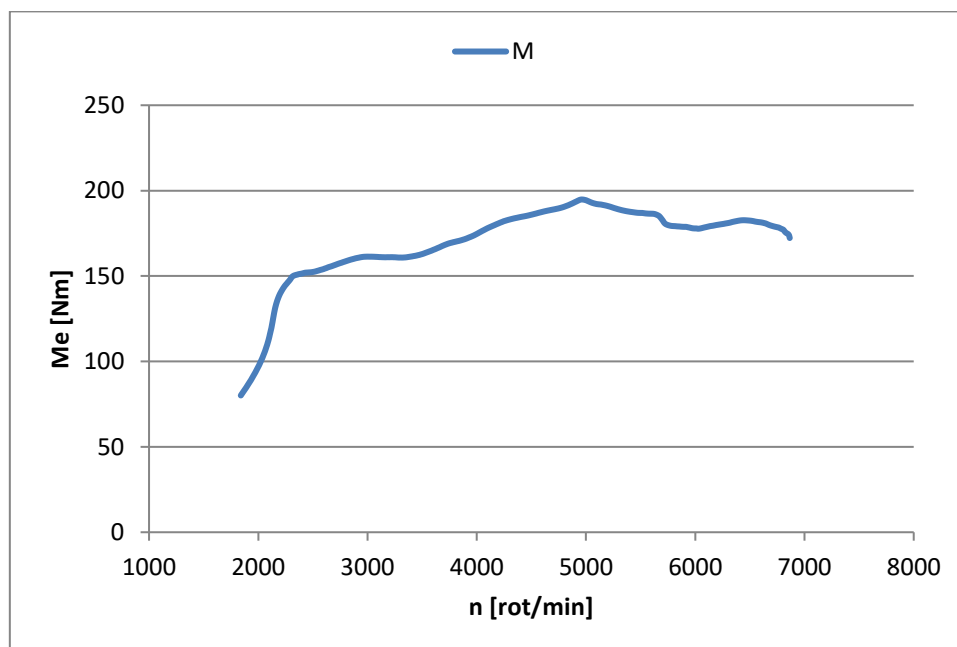


Fig. 5.99 Variația momentului motor efective pentru motorul testat GX 1.8 Golf II

### 5.5.1. Rezultate experimentale

Cercetările experimentale au fost realizate în laboratorul de dinamică cu scopul analizei speciilor poluante emise de motorul cercetat, în urma modificărilor realizate asupra acestuia, atât la nivelul motor-tuningului dar mai ales asupra ECU. Cazul a. Rulare pe standul dinamic cu role la forța de încărcare de 0N

În conținutul lucrării se vor prezenta variațiile speciilor CO<sub>2</sub>, HC și NO<sub>x</sub>, celelalte specii, CO și O<sub>2</sub> fiind prezentate în anexa 13.

Tabel 5.35 Specii poluante motor testat la rulare cu forță de încărcare de 0N

Turatia n [rot/min]	CO [%]	CO2 [%]	O2 [%]	HC [ppm]	Nox [ppm]	Lambda [-]
1420	1,06	11,70	2,58	305	528	1,091
1990	0,86	12,20	2,79	170	333	1,113
2440	0,71	12,60	2,18	146	427	1,085
3010	0,76	13,10	1,43	133	425	1,043
3500	0,66	12,90	1,67	121	522	1,06
3980	0,65	12,80	2,08	115	537	1,083
4460	0,74	13,00	1,71	125	687	1,059
4940	0,66	13,00	1,72	118	635	1,063
5570	1,93	12,50	1,15	127	1287	0,994
5920	1,28	13,20	0,82	112	935	0,998

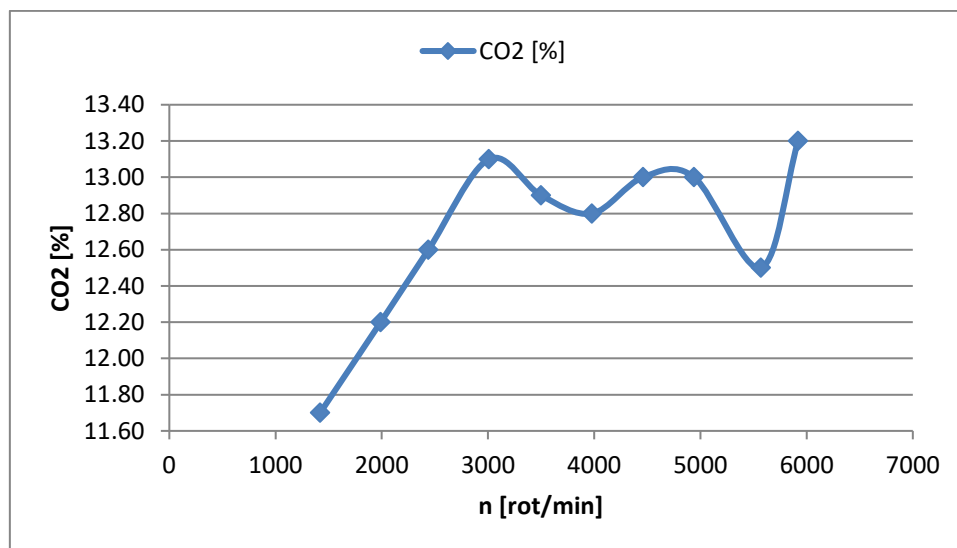


Fig. 5.100 Variația CO2 în funcție de turație la forță de încărcare de 0 N

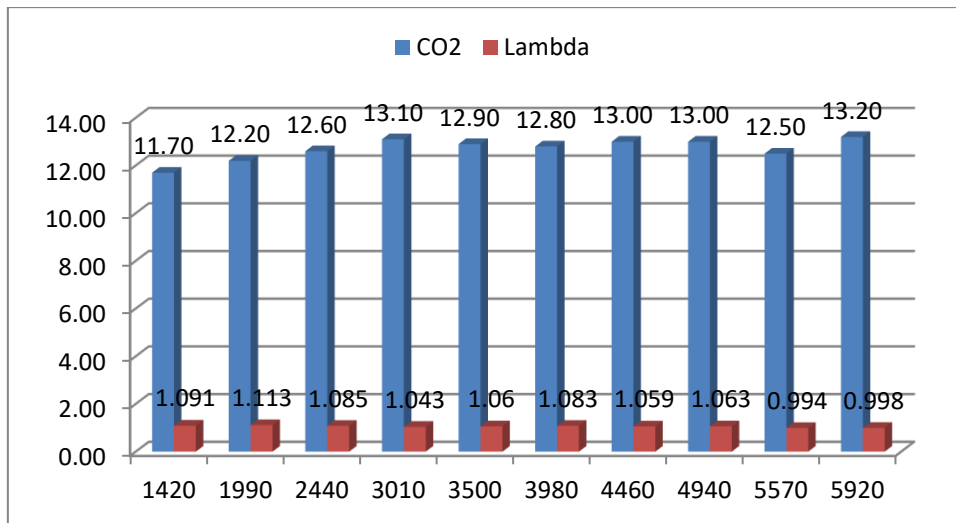


Fig. 5.101 Variația CO2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 0 N

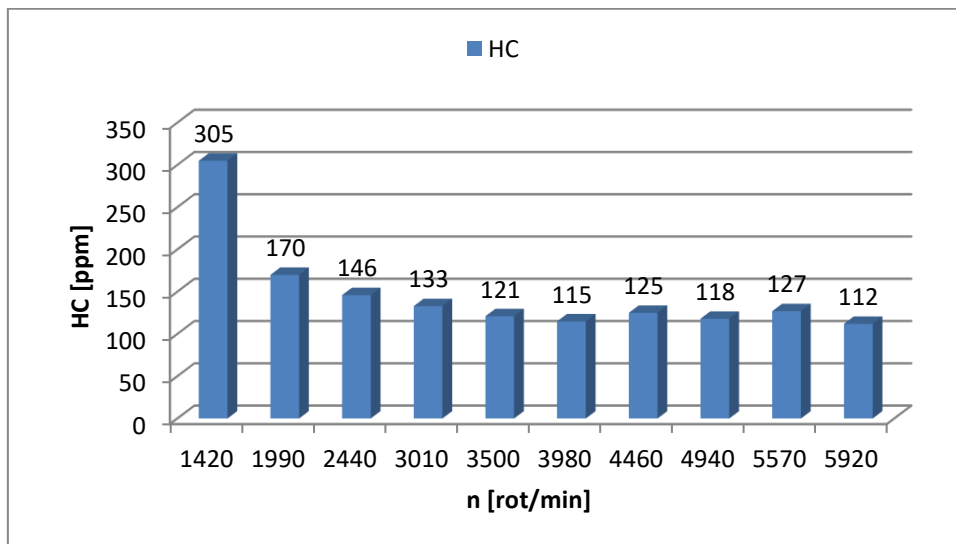


Fig.5.102 Variația HC funcție de turație la forță de încărcare de 0 N

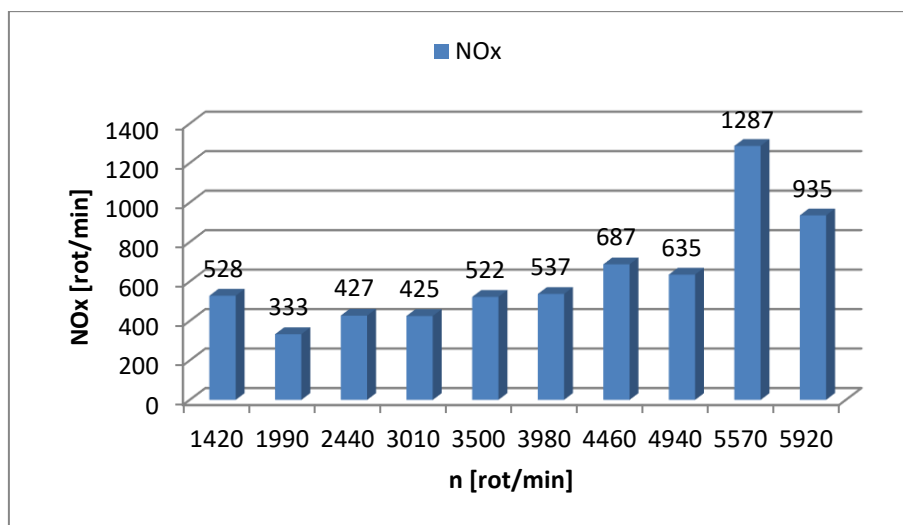


Fig. 5.103 Variația NOx funcție de turație la forță de încărcare de 0 N

S-a constatat, la funcționarea la acest regim, faptul că emisiile de CO<sub>2</sub> prezintă valori apropiate de cele normale, chiar dacă CO<sub>2</sub> prezintă o ușoară tendință crescătoare a valorilor. Emisia de HC prezintă de asemenea valori relativ normale, urmare a unei arderi cât mai complete, doar emisiile de NO<sub>x</sub> prezintă valori în creștere odată cu creșterea regimului motor. Acest lucru se datorează adaptării/încălzirii motorului (ajungerii la regimul optim de funcționare).

Cazul b. Rulare pe stadiul dinamic cu role la forță de încărcare de 400N

În conținutul lucrării se vor prezenta variațiile speciilor CO<sub>2</sub>, HC și NO<sub>x</sub>, celelalte specii, CO și O<sub>2</sub> fiind prezentate în anexa 14.

Tabel 5.36 Specii poluante motor testat la rulare cu forță de încărcare de 400N

Turația n [rot/min]	CO [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	HC [ppm]	Nox [ppm]	Lambda [-]
1560	0,64	12,10	2,51	268	704	1,104
1970	0,60	12,90	1,90	184	564	1,071
2650	0,61	13,30	1,32	166	971	1,042
3040	0,59	13,70	1,10	121	707	1,032
3550	0,56	13,70	0,84	131	1019	1,021
4070	0,59	13,60	0,98	113	823	1,027
4520	0,68	13,60	0,90	113	1244	1,021
4800	0,77	13,60	0,87	121	1435	1,017
5520	0,67	13,70	0,87	106	1690	1,021
5810	1,10	13,60	0,63	97	1461	0,996
6410	2,23	13,10	0,23	119	1883	0,945



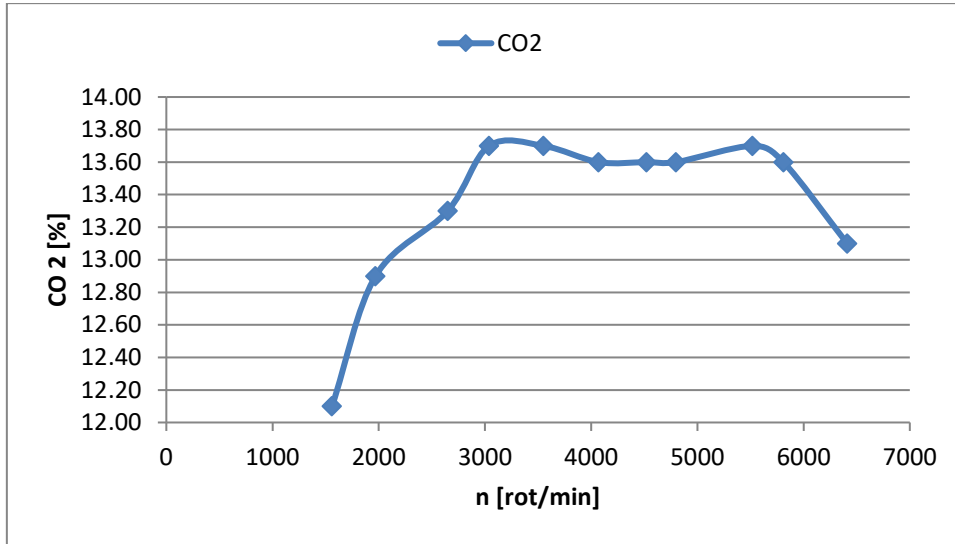


Fig. 5.104 Variația CO2 funcție de turație la forță de încărcare de 400 N

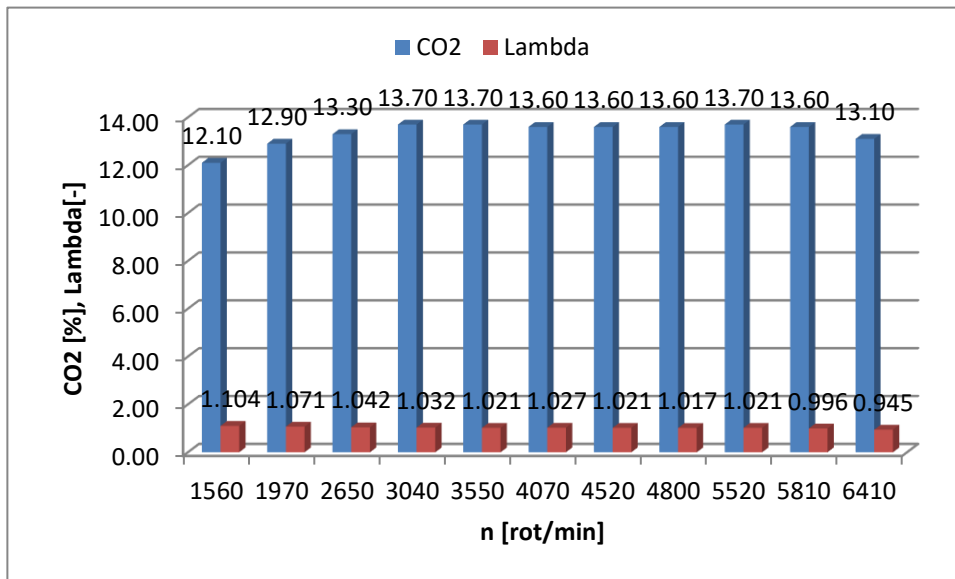


Fig. 5.105 Variația CO2 și Lambda în funcție de turație la forță de încărcare de 400 N

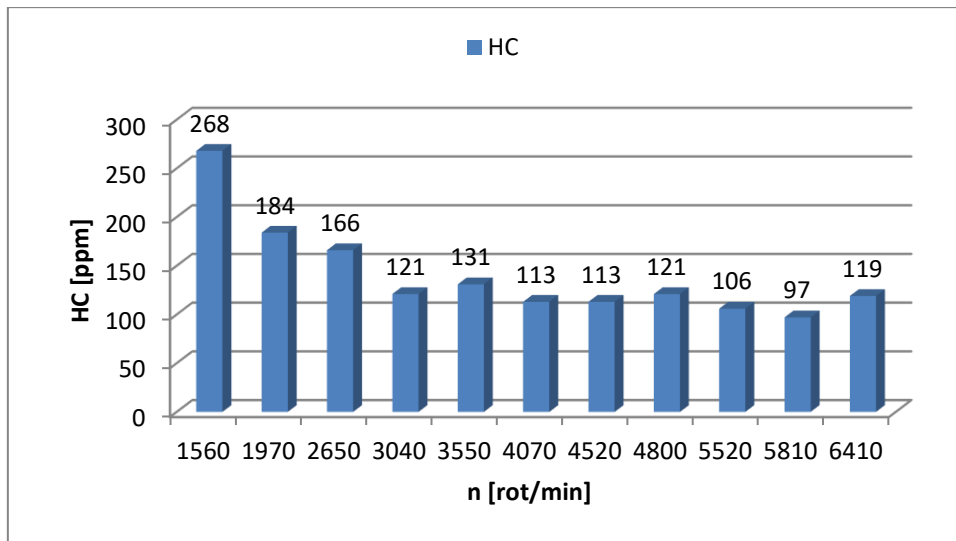


Fig. 5.106 Variația HC funcție de turație la forță de încărcare de 400 N

În urma cercetărilor experimentale asupra speciilor poluante pentru cazurile prezentate mai sus, s-a constatat o creștere a emisiiei de CO<sub>2</sub> după atingerea unui regim de funcționare la turații crescute, acestea rămânând crescute pe toată durata o explicație fiind scăderea coeficientului excesului de aer lambda, ceea ce determină o ardere incompletă, dovedită prin oxidului de carbon și a hidrocarburilor nearch.

De asemenea, speciile HC prezintă tendințe de scădere a valorilor odată cu creșterea coeficientului excesului de aer și cu turația, acest lucru datorându-se arderii cât mai complete datorită prezenței aerului în interiorul camerei de ardere. NO<sub>x</sub>, odată cu creșterea forței de încărcare, comparativ cu funcționarea la forță de încărcare de 0N, prezintă valori tot mai ridicate, ajungând la valori de peste 1800 [ppm]. Aceasta este însă consecința prezenței aerului în exces în amestecul carburant.

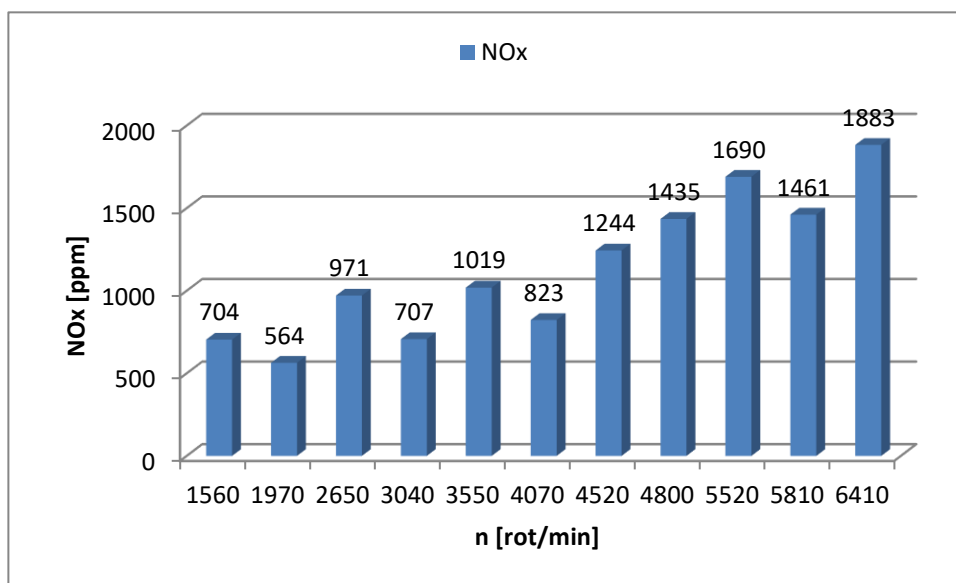


Fig. 5.107 Variația NOx funcție de turație la forță de încărcare de 400 N

Cazul c. Rulare pe stadiul dinamic cu role la forță de încărcare de 2000N

În conținutul lucrării se vor prezenta variațiile speciilor CO<sub>2</sub>, HC și NO<sub>x</sub>, celelalte specii, CO și O<sub>2</sub> fiind prezentate în anexa 15.

Tabel 5.37 Specii poluante motor testat la rulare cu forță de încărcare de 2000N

Turatia n [rot/min]	CO [%]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]	HC [ppm]	Nox [ppm]	Lambda [-]
1550	1,41	11,80	3,74	402	584	1,132
1980	0,67	12,60	2,21	194	584	1,086
2470	0,77	12,90	1,70	187	2755	1,06
2950	0,75	13,20	1,26	166	2691	1,038
3510	0,60	13,50	1,04	139	2503	1,033
4020	0,59	13,50	1,03	126	2640	1,034
4560	0,79	13,40	0,97	123	3131	1,025
5080	0,80	13,60	0,85	120	3560	1,02
5380	0,92	13,50	0,79	113	3941	1,015
5940	5,71	10,80	0,41	148	1460	0,854

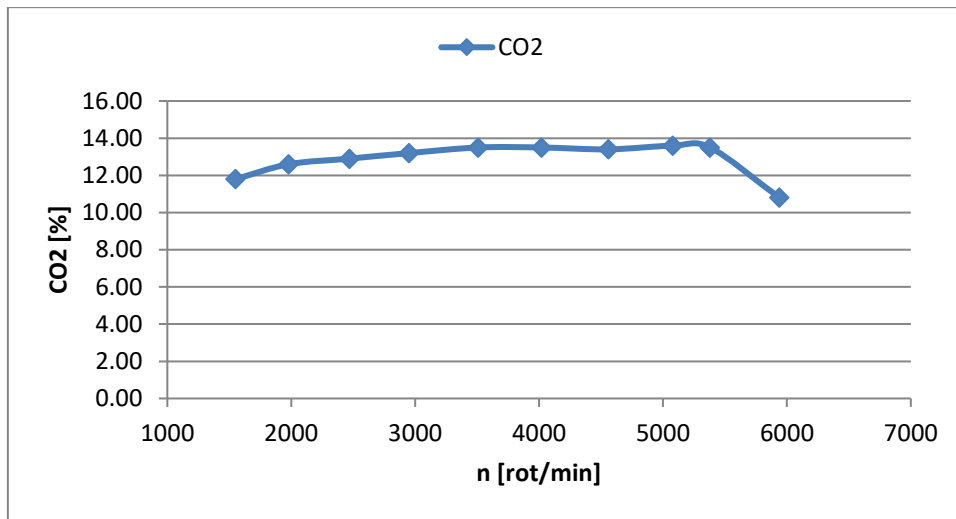


Fig. 5.108 Variația CO2 funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N

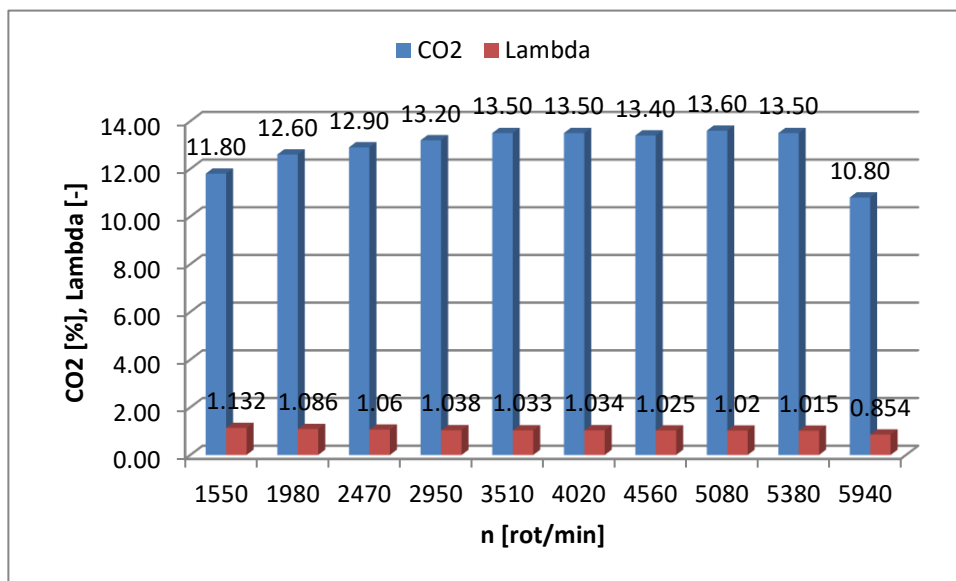


Fig. 5.109 Variația CO2 și Lambda funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N

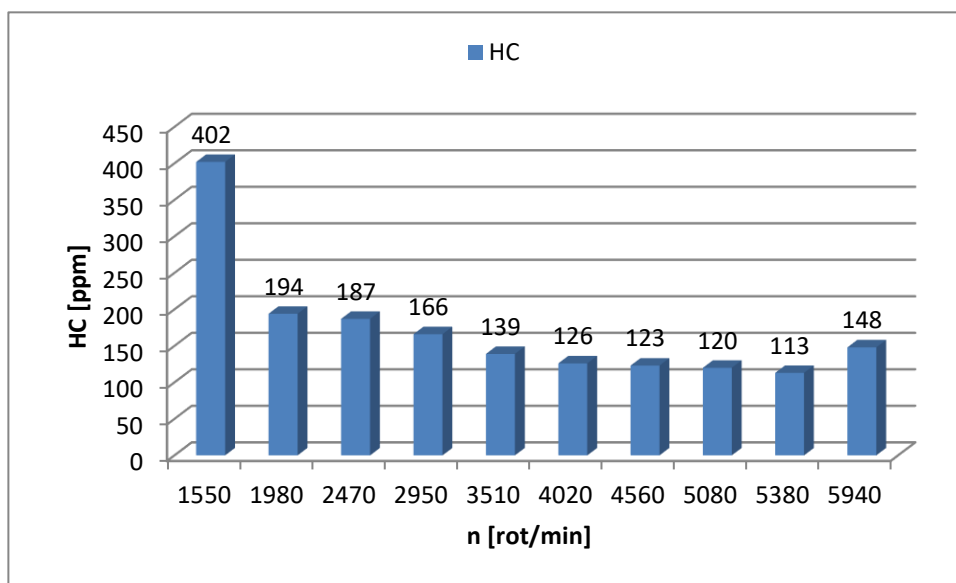


Fig. 5.110 Variația HC funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N

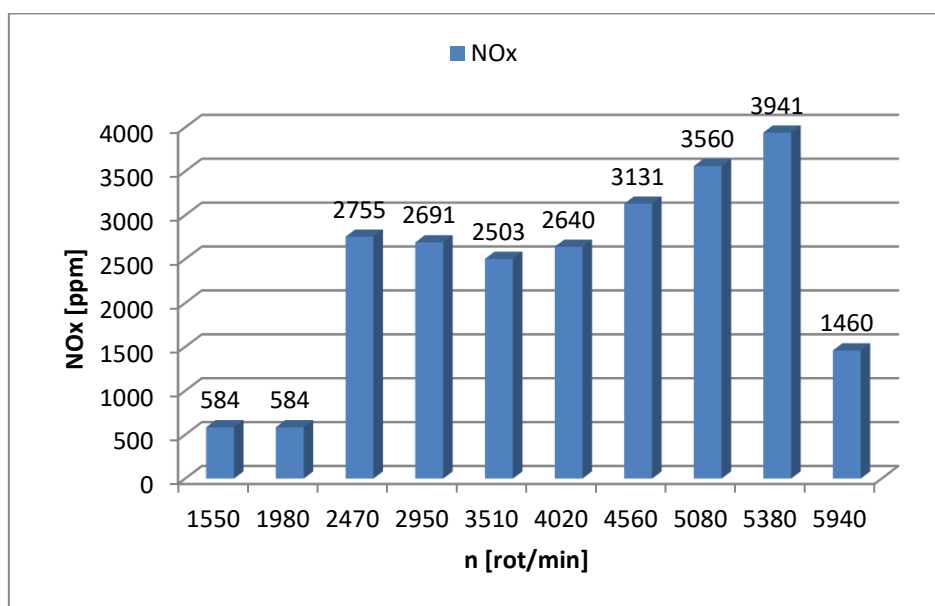


Fig. 5.111 Variația NOx funcție de turație la forță de încărcare de 2000 N

Dioxidul de carbon crește prezintă valori ușor crescătoare odată cu creșterea încărcării motorului și odată regimul de funcționare. Se remarcă însă că această creștere nu este prea mare ceea ce înseamnă că prin modificările făcute la motor consumul specific efectiv de combustibil a scăzut, făcând posibilă variația la limite restrânse ale CO<sub>2</sub>. Se constată că HC-le scad odată cu creșterea turației motorului, lucru explicabil din creșterea regimului termic din cilindrii motorului, deci o ardere mai completă a carbonului și a hidrocarburilor din benzină. Odată cu creșterea

turației motorului, crescând numărul de cicluri motoare în unitatea de timp, crește regimul termic ceea ce determină creșterea NOx la valori foarte ridicate.

## 5.6. Concluzii

Cercetările experimentale privind Variația performanțelor energetice precum și cele privind natura gazelor de evacuare ale motorul testat, Volvo 440 1.7 turbo, oferă o serie de concluzii care se desprind din faptul că echiparea unui autovehicul standard cu un echipament suplimentar de control al întregului autovehicul la nivelul senzorilor și al traductorilor, conduce la un control mult mai optim atunci când este vorba de creșterea performanțelor autovehiculului, de asemenea și monitorizarea parametrilor implicați în acest proces este mai facilă și mai ușor de controlat. Din punct de vedere al naturii speciilor poluante, analizele efectuate cu ajutorul echipamentelor specializate, și anume MET 6.1, în completare cu standul de încercări experimentale Maha LPS 3000, ne-au oferit posibilitatea monitorizării acestor pe întreaga durată a măsurărilor experimentale.

În ceea ce privește creșterea performanțelor autovehiculului testat, concluziile sunt: da, este posibilă obținerea de curbe crescute pentru putere și pentru cuplu cu ajutorul acestui echipament de control al ECU. Sensorii implicați în acest proces au fost astfel controlați încât cantitatea de aer și de combustibil au oferit o ardere foarte buna din punct de vedere energetic [11], [12].

Speciile poluante emise de către autovehiculul testat însă au oferit valori care nu se încadrează în limite foarte rezonabile din punct de vedere legal. Cu atât mai mult pe planul sănătății. Însă așa cum s-a menționat, pe primul loc a fost creșterea performanțelor autovehiculului, echipat cu acest nou sistem de control și anume ECU programabil, pe planul.

al doilea rămânând natura gazelor de evacuare. Cu toate acestea nu poate fi neglijat acest aspect, prin urmare trebuie menționat faptul că rularea pe drumurile publice cu aceste echipamente nu sunt avantajoase din punct de vedere al sănătății oamenilor.

Deschideri pentru viitor sunt oferite de combustibilii alternativi, spre exemplu bioetanolul [33], [41], [43], solutie care prezinta avantaje cu privire asupra performanțelor energetice cat si asupra naturii gazelor de evacuare [48].

## **6. CONCLUZII FINALE ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE**

### **6.1. Concluzii finale**

Dezvoltarea tehnologică, de care se bucură autovehiculele de astăzi, sunt consecința colaborării dintre diferite domenii de dezvoltare, și anume: mecanic, informatic, electric, electronic etc. Reușitele sunt pe măsura muncii de echipă iar autovehiculele de astăzi ne oferă confort și siguranța, lucruri greu de realizat acum câțiva ani.

Soluțiile tehnologice la care s-a apelat și care au fost aplicate pentru partea experimentală a tezei de doctorat au fost consecința muncii de echipă a diferitelor domenii. Preluarea tuturor semnalelor emise de către senzorii care echipează autoturismele sunt semnale de intrare pentru ECU, care, în funcție de cerințe, funcție de limitele impuse de piesele mecanice, va efectua funcția de răspuns cu precizie foarte bună în timpul cel mai scurt posibil.

Dotările standard cu care sunt echipate vehiculele la ieșirea din producție, oferă performanțe optimizate pentru exploatarea economică, siguranță crescută și confort. Modificarea caracteristicilor motoarelor, în scopul creșterii performanțelor energetice face apel în special la modificarea caracteristicilor sistemului de injecție și/sau a sistemului de admisiune și evacuare ale motorului. Toate acestea însă conduc la creșterea performanțelor, dar înrăutățesc în mare măsură andurața și uzura motorului prin creșterea regimului termic al motorului și a vitezei medii a pistonului.

Principalele obiective urmărite sunt cele legate de putere și de moment motor. Mijloacele prin care acești doi parametri pot să atingă valori majorate sunt dintre cele mai variate. Uzual sunt aduse modificări pe traseul de admisiune al fluidului proaspăt respectiv prin modificarea/corectarea timpilor de injecție ai combustibilului. Concomitent se acționează și asupra altor parametri precum momentul injecției, momentul declanșării scânteii, distribuție, pentru a aminti numai câțiva dintre aceștia. Soluțiile software, prin care se modifică anumite valori ale unor parametri implicați în procesele de ardere, sunt soluțiile la care se apelează și care pot fi aplicate fără modificări constructive majore, ținând cont numai de extinderea caracteristicilor funcționale ale acestora.

S-au efectuat modificări, în scopul creșterii performanțelor energetice ale motoarelor cu ardere internă, asupra timpului de injecție respectiv și ai altor parametri din unitatea electronică de calcul și au fost monitorizate speciile poluante emise de către motoarele testate.

În acest sens au fost aduse modificări, utilizând programe dedicate pentru achiziția de date și gestionarea informațiilor, la nivelul ECU motor, iar rezultatele modificărilor au fost testate pe standul dinamic, unde s-au obținut curbele caracteristice și valori ale noxelor specifice diferitelor regimuri de funcționare. S-a utilizat programul DDT2000, specific motoarelor din familia Renault, care a permis

depășirea numeroaselor "bariere" industriale care garantau încadrarea motoarelor în grupa de poluare originală.

Din unitatea ECU a motorului testat s-a eliminat limitatorul electronic de turației a motorului, setare impusă pe linia de asamblare a vehiculului. Factorul de îmbogățire al amestecului prezintă o creștere semnificativă, proporțională cu turația, cu implicație directă asupra consumului de combustibil. Timpii de injecție se modifică și ei, ajungând de la aproximativ 10 ms la 15 ms.

Creșterea performanțelor energetice pe care o aduce anularea limitării turației se regăsește în curba de putere efectivă și de moment motor efectiv, constatându-se o majorare de aproximativ 10% față de valorile de referință, în condițiile menținerii echipării inițiale, nemodificate, ale componentelor motorului.

Modulația pulsului, generat pentru momentele de injecție de combustibil, (PWM), realizată cu ajutorul programului de simulare MATLAB/Simulink a permis generarea semnalului, pornind de la cele mai importante semnale, de la senzorul de turație și senzorul lambda.

S-a aplicat tehnologia PWM pentru determinare momentului injecției, funcție de cantitatea de aer și de cantitatea de combustibil. Au fost realizate două grafice comparative, pentru cazul teoretic și pentru cazul real, bazate pe datele de achiziție de pe vehiculul testat și cele modelate prin aplicația MATLAB/Simulink. Cele două curbe au prezentat aluri foarte apropiate, concluzia fiind: determinarea timpului de injecție real, a fost foarte apropiat de cel teoretic, lucru încurajator pentru realizarea și modelarea acestui reglaj.

În ceea ce privește unitatea electronică de calcul programabilă, s-a realizat echiparea vehiculului testat cu acest sistem, ea înlocuind în totalitate echiparea standard a motorului. Destinația acestui vehicul o reprezintă competițiile sportive, situație în care regimurile pe care le atinge motoarele variază foarte mult de la un moment la altul, iar sarcinile obișnuite sunt cu mult peste media rulării normale. Acesta a fost motivul aplicării unui astfel de sistem, capabil să ajusteze și să regleze, în timp real, harta valorilor avansului, a amestecului carburant și/sau a altor parametrii.

Senzorul de oxigen a fost și de această dată un element principal privind reglajele realizate cu ajutorul acestei unități programabile. AFR-ul a fost parametrul monitorizat permanent pe durata cercetărilor experimentale, acesta având ca referință directă valorile înregistrate de sonda lambda.

S-au efectuat reglajele de baza după echiparea cu ECU programabil, după care vehiculul a fost testat și pe standul cu role Maha LPS 3000. Au fost verificate conexiunile fizice, pentru evitarea posibilelor erori, la nivelul unității, precum și verificarea comunicării dintre ECU al autovehiculului, ECU programabil și PC-ul utilizat pentru efectuarea reglajelor.

Concluziile la care s-au ajuns la finalul cercetărilor experimentale sunt: curbele de putere și de moment prezintă valori ridicate comparativ cu valorile standard, consecință a valorilor atinse de sonda lambda wide-band, deci implicit a AFR-ului. Creșterile de putere efectivă ale motorului modificat cu ECU programabil a



fost de aproximativ 40%. Tuningul mecanic precum și reglajele la nivelul ECU au permis o creștere semnificativă a performanțelor energetice ale motorului testat.

Tensiunea sondei lambda a prezentat valori care ne-au indicat că faptul că motorul s-a comportat foarte bine în urma reglajelor efectuate cu ajutorul ECU programabil. Consumul de combustibil a crescut implicit, consecință a valorilor majorate ale AFR-ului. Urmare a creșterii consumului de combustibil, speciile poluante au prezentat valori care nu se încadrează în limitele legale. Emisia de CO<sub>2</sub> este crescută, de asemenea și emisia de hidrocarburi nearse precum și oxizii de azot.

Funcționarea vehiculului testat la diferite valori ale forței de încărcare, impusă direct de standul cu role, ne-a oferit posibilitatea de a evalua speciile poluante în funcție de valoarea forței de încărcare. S-a observat o creștere semnificativă a tuturor speciilor poluante la o creștere de zece ori a forței de încărcare, de la 200 N la 2000 N. Performanțele energetice ale autovehiculului testat au atins valori foarte bune, însă natura gazelor evacuate atrag atenția specialiștilor din domeniu.

Concluziile cu privire la emisiile speciilor poluante sunt după cum urmează:

- Scăderea emisiei de CO și HC la creșterea turației motorului se datorează creșterii regimului termic al acesteia odată cu creșterea numărului de cicluri motoare;
- Creșterea emisiei de NO<sub>x</sub> la creșterea coeficientului excesului de aer  $\lambda$  se explică prin aerul introdus în exces în cilindrii motorului; această creștere este constată și la creșterea turației motorului, explicabilă prin creșterea regimului termic al motorului;
- Arderea devine mai completă când coeficientul excesului de aer crește, ceea ce determină scăderea emisiilor de CO și HC;

## 6.2. Contribuții personale

- Lucrarea aduce la zi informații importante cu privire la controlul și reglajele realizate asupra motoarelor la nivel ECU, în legătură cu efectele pe care le produc acestea, precum și avantajele oferite.
- Referințele bibliografice sunt actuale și de dată recentă, cuprinzătoare, oferind o documentație solidă domeniului studiat în prezenta lucrare.
- S-au realizat studii și cercetări experimentale pentru două tipuri de motoare, și anume pentru un motor de serie, K7J 1.4 MPI, ce echipează Logan Dacia, și pentru un motor de competiții sportive, Volvo 440 Turbo, ce echipează Renault 5 GTT.
- Aducerea la zi a ceea ce înseamnă regimurile de funcționare ale motoarelor cu aprindere prin scânteie, ce implicații au și cum lucrează unitățile electronice de comandă și control, care sunt avantajele la motoarele termice, precum și care sunt evoluții unor speciilor poluante în urma anumitor modificări sau reglaje efectuate asupra autovehiculelor.
- Prezentarea ca structură a reglajelor realizate asupra motorului K7J 1.4 MPI Dacia Logan și asupra motorului Volvo 440 Turbo, ce echipează Renault 5 GTT.

- Pentru primul caz cercetat, K7J, s-au prezentat avantajele pe care le prezintă reglajele realizate asupra anulării limitării turației motorului privind viteza de rulare, regimurile atinse precum și variațiile consumului de combustibil.
- Pentru al doilea motor studiat, Volvo 440, care a fost pregătit pentru competiții sportive, unde se ating regimuri foarte ridicate și care solicită mult funcționarea motorului, s-a prezenta echiparea cu ECU programabil precum și motor tuningul realizat asupra vehiculului.
- Realizarea reglajelor asupra motorului K7J 1.4 MPI. Principalul parametru analizat a fost timpul de injecție. S-a prezentat variația timpului de injecție pentru rularea pe standul cu role la forță de încărcare de 0N precum și la forță de încărcare de 2000N pentru analiza injectorului.
- S-a realizat variația timpului de injecție prin modelare și simulare, comparat cu variația timpului de injecție măsurat, observându-se a apropiere considerabilă celor două curbe.
- S-a realizat anularea limitării de turație prezentându-se avantajele pe care le aduce acest reglaj. S-a obținut o creștere a puterii efective a motorului testat de 10%.
- S-au înregistrat date reale de pe motorul K7J cu ajutorul programului dedicat DDT 2000, iar prelucrarea acestora s-a realizat cu ajutorul programului de simulare MATLAB/Simulink.
- S-a realizat înregistrarea variației tensiunii pe injector și a curentului de la bujie pentru funcționarea motorului la forță de încărcare de 0N, la diferite turații, precum și la forță de încărcare de 2000N la diferite de încărcare.
- S-au realiza cercetări experimentale asupra motorului Volvo 440, ce echipează Renault 5 GTT, cu privire la echiparea acestuia cu ECU programabil, în scopul îmbunătățirii performanțelor energetice.
- S-a realizat echiparea autovehiculului cu noi sisteme privind admisia și evacuarea, gestiunea electronică, filtrul de aer, injectoare (motor tuningul).
- S-a realizat analiza tuturor speciilor poluante emise de către motorul testat în urma echipării motorului cu ECU programabil, și anume CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, HC și NO<sub>x</sub>. Speciile poluante au fost analizate pentru diferite regimuri de încărcare pe standul cu role, de la 0N la 2000N, prezentându-se variațiile acestora în funcție de turație, în funcție de coeficientul excesului de aer.
- S-a realizat punerea în funcțiune a echipamentelor experimentale din dotarea laboratorului, precum și setarea aparaturilor pentru regimurile de cercetare.
- Cercetările efectuate pot asigura o bază pentru direcții viitoare cu privire la reglajele din ECU privind performanțele energetice precum și natura gazelor evacuate la motoarele cu aprindere prin scânteie.
- Lucrarea permite și recomandă continuarea studiilor cu privire la reglajele motoarelor, realizate din ECU, privind variația puterii efective și a momentului motor efectiv. De asemenea lucrarea oferă deschideri spre cercetări ulterioare cu privire la natura gazelor de evacuare emise de motoarele modificate, atât de motoarele de producție de serie cât și motoarele destinate competițiilor sportive.

## Bibliografie

- [1] Apostolescu, N., Bătagă I., *Motoare cu ardere internă*, vol. I, Editura tehnică, București 1967.
- [2] Apostolescu, N., Bătagă I., *Motoare cu ardere internă*, vol. II, Editura tehnică, București 1967.
- [3] Akinbami J.A.F.K.: Analysis on the energy pricing strategy with CO<sub>2</sub> tax and its effect on mitigation of CO<sub>2</sub> emission in total energy systems, *Power Engineering Society Winter Meeting*, IEEE, 2001.
- [4] Algieri A., Bova S., Bartolo de C, Fortunato F.: Numerical analysis of the flow field in the filter housing of a four-cylinder spark ignition engine, *1st International Conference on Motor Vehicle and Transportation MVT 2006*, Timisoara.
- [5] Algieri A., Bova S.: Influence of valve-wall distance on the intake flow in high performance I.C.E., *SAE International*, 2004.
- [6] Al-Sarkhi A., Chambers F.W.: Optimization technique for design of automotive air filter housings with improved fluid dynamic performance and filtration, *Particulate Science and Technology*, Vol. 22, 2004, pp 235-252.
- [7] Amann M., Mehta D., Alger T., Engine Operating Condition and Gasoline Fuel Composition Effects on Low-Speed Pre-Ignition in High-Performance Spark Ignited Gasoline Engines, *SAE Int. Journals Engines*, June 2011, pp. 274-285.
- [8] Atkins R.D.: An Introduction to Engine Testing and Development, *SAE International*, 2009.
- [9] Balat H.: Prospect of biofuels for a sustainable energy future: a critical assessment, *Energy, Education and Technology*, 2009.
- [10] Barghi F., Safavi A.A., An intelligent control policy for fuel injection control of SI Engines, *Intelligent Engineering Systems (INES)*, 2011 15th IEEE International Conference on IEEE, Poprad Slovakia, 2011, pp. 115-119.
- [11] Beckmann R., Drewelow W., "Modelling and exact feed forward control of air and burned gas fraction within SI engine cylinders", *Methods and Models in Automation and Robotics*, pp. 316- 321, August 2011.
- [12] Bell C., "Maximum Boost, Design, Testing and Installing Turbocharger System", Bentley Publishers, 1997.
- [13] Bert van Dam, "Microcontroller Systems Engineering", *Elektor Electronics*, 2009.
- [14] Bidan P., Boverie S., Chaumerliac V., Nonlinear control of a spark-ignition engine, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 1995, pp.4-13.
- [15] Blair G.P.: Design and Simulation of Four-Stroke Engines, *SAE International*, USA, 1999.
- [16] Bosch R. GmbH, "Gasoline-Engine Management", 2<sup>nd</sup> Edition, Germany, 2004.
- [17] Bosch R., "Gasoline Fuel-Injection, System K-Jetronic", Technical Instruction, Germany, 2000.
- [18] Bowling B, Grippo A., "Building a Fuel-Injection ECU", *Circuit Cellar Ink 138*, USA, January 2002.
- [19] Carabas, D., Ander, C., Uricanu, N., Nagi, M., **Hiticas, I.D.**, „*Experimental research regarding the influence of ambient temperatura on emission levels for spark ignition engines powered vehicle*”, NACOT – National Conference of

- Thermodynamics with International Participation, Termotehnica, ISSN-L 1222-4057, ISSN (online) 2247-1871, Editura AGIR, Craiova, Romania, Nr. 1S/2011, Anul XV, pag. 20, Mai 2011.
- [20] Christie M.J., Fortino N., Yilmaz H., Parameter Optimization of a Turbo Charged Direct Injection Flex Fuel SI Engine, *SAE Int. Journal Engines*, October 2009, 2, pp. 123-133.
- [21] Chong T.S., Lai Y.M., Tse C.K., "Implementation of pulse-width-modulation based sliding mode controller for boost converters", *Power Electronics Letters*, IEEE database, pp. 133-135, Dec. 2005.
- [22] Chuck S., Dave A., "Specialized I/O and High-Speed CPU Yields Efficient Microcontroller for Automotive Applications", *IEEE Industrial Electronics Society*, April 2007.
- [23] Crass M., *Reducing CO<sub>2</sub> emissions from urban travel: local policies and national plans*, OECD International Conference, Competitive Cities and Climate Change, Milan, Italy, Proceedings, October 2008.
- [24] Curto-Risso P.L., Medina A., Hernandez A.C., "Theoretical and simulated models for an irreversible Otto cycle", *Journal of Applied Physics*, Vol. 104, Issue 9, pp. 1-11, Nov. 2008.
- [25] DDT2000 functionalities, Renault SAS, English version, June 2008.
- [26] De Lorenzo, "Test bench for internal combustion engines", Italy, pp. 13, 2009.
- [27] Demirbas A.: *Social, Economic, Environmental and Policy Aspect of Biofuels*, *Energy, Education and Technology*, 2009.
- [28] Deur J., Hrovat D., Asgari J.: Analysis of mean value engine model with emphasis on intake manifold thermal effects, *Control Applications 2003, CCA 2003*, Proceedings of 2003 IEEE, vol.1, 2003, pp. 161 – 166.
- [29] Dickinson M., "Introduction to Control Engineering", *Elektor Verlag*, Germany, March 2011.
- [30] Dziubiński M., Czarnigowski J., Nieoczym A., "Simulation Tests of Injection System Reliability", *International Journal of Materials & Structural Reliability*, Vol.4, No.1, pp. 79-88, March 2006.
- [31] Gervin J.C., McClain C. R., Hall F.G., Caruso P.S.: A comprehensive plan for studying the carbon cycle from space, *Aerospace Conference 2003*, Proceedings 2003 IEEE, vol.1, pp. 1 – 172.
- [32] Grunwald, B., *Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere*, Editura Tehnică, București, 1980.
- [33] Guatam M., Martin D.W.: *Combustion Characteristics of Higher Alcohol/Gasoline Blends*, *US Department of Energy*, 2010.
- [34] Guastavino F., Dardano A., Torello E., "Measuring partial discharges under pulsed voltage conditions", *Dielectrics and Electrical Insulation*, IEEE Transactions on, Vol.15, Issue 6, pp. 1640-1648, Dec. 2008.
- [35] Haiping Y., Xianyi Q., *The calculation of main parameters of the gasoline engine fuel injection system*, *Computer Application and System Modeling (ICCASM)*, 2010 International Conference on IEEE, Taiyuan, China, pp. 635-637.
- [36] Hassan N.N. et al, "Micro-Controller Based on-board diagnostic (OBD) system for non-OBD vehicles", *IEEE Computer Modeling and Simulation (UKSim)*, Cambridge, April 2011.
- [37] Hentiu R.: Studii si cercetari privind influenta sistemului de admisie asupra performantelor motoarelor cu aprindere prin scanteie si injective indirect de combustibil, Teză de doctorat, *Editura Politehnica*, Timisoara, 2011.

- [38] Hentiu, R., Iorga, D., **Hiticas, I.D.**, Mihon, L., "Engine performance increase by intake manifold resonance supercharging effect", National Scientific Conference with International participation, CONFERENG 2010, Targu Jiu, Romania, Annals of the Constantin Brâncuși University of Târgu Jiu. Engineering, ISSN 1842 – 4856, Nr.3, pp. 99 -106, Index Copernicus, Nov. 2010.
- [39] **Hiticaș I. D.**, Marin D., Mihon L., Resiga E., Iorga D., "Parameters Control of a Spark Ignition Engine through Programmable ECU for Specific Regimes", 7th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics, Proceedings, Romania, pp. 399–404, 2012.
- [40] **Hiticaș I.D.**, Iorga D., Mihon L., Resiga E., Uricanu N., "Studies and experimental research concerning the performances of the internal combustion engine, controlled over the power train control module", Fiability & Durability Journal, Romania, pp. 23–28, 2012.
- [41] **Hiticaș I.D.**, Marin D., Mihon L., Experimental research concerning the pollution of an internal combustion engine with injection of gasoline, in conditions of changing the fuel, International Conference on Innovative Technologies 2012, Rijeka, Croatia, Accepted for publication.
- [42] **Hiticaș, I.D.**, Marin, D., Mihon, L., "Modeling and Operational Testing of Pulse Width Modulation at Injection Time for a Spark-Ignition Engine", Technical Gazette Journal, ISSN: 1330-3651, ISI Thomson, Croatia, in paper.
- [43] **Hiticaș, I.D.**, L. Mihon, D. Iorga, W. Svoboda, „Emission level from internal combustion engine using fossil and alternative fuels”, ACME 2012, Buletinul Institutului Politehnic Iași, Tomul LVIII (LXII), Fasc. 4, ISSN 1011-2855, Romania, Octombrie 2012.
- [44] **Hiticaș, I.D.**, Iorga, D., Mihon, L., Uricanu, N., Picioarea, G., „The influence of the intake manifold system concerning the performances of the internal combustion engine”, 5<sup>th</sup> SYMPOSIUM DURABILITY AND RELIABILITY OF MECHANICAL SYSTEMS, 18-19 Mai 2012, pp. 5, Fiability & Durability Journal, ISSN 1844 – 640X, Editura „Academia Brancusi”, Targu-Jiu, Romania, Issue: Suppliment No. 1/2012, pp. 29 – 35, Mai 2012.
- [45] **Hiticas, I.D.**, "Increasing the performance of a combustion engine using engine tuning", National Scientific Conference With International Participation, CONFERENG 2011, 11-12 Noiembrie, Analele Universitatii Constantin Brancusi din Targu Jiu, Annals of the Constantin Brâncuși University of Târgu Jiu. Engineering, ISSN 1842-4856, Editura Academia Brancusi, Targu Jiu, Romania, Vol. Nr. 3, pag. 441- 445, Noiembrie 2011.
- [46] **Hiticaș, I.D.**, Marin, D., Mihon, L., "Increasing of the internal combustion engines performances through the intake manifold system", International Conference on Innovative Technologies, IN-TECH 2012, Rijeka, Croatia, pp. 239 – 243, September 2012.
- [47] **Hiticas, I. D.**, "Sources of energy used in automotive", Workshop 1 „Cercetari doctorale in domeniul tehnic”, POSDRU/88/1.5/S/50783, Craiova, pp. 4p, Feb. 2011.
- [48] **Hiticas, I.D.**, Iorga, D., Mihon, L., Hentiu, R., „Experimental research on energy performance of a spark ignition engine with gasoline injection, in conditions of changing fuel's characteristics”, The 10-th International Automotive Congress, CAR 2011, Automotive and Environment, ISSN 1453-1100, Editura Universitatii din Pitesti, Pitesti, Romania, Numar Special al Buletinului Stiintific, Seria Autovehicule Rutiere, Book of Abstract, pag. 198, Noiembrie 2011.

- [49] **Hiticas, I.D.**, Mihon, L., Resiga, E., Svoboda, W., „*Gas emission of a SI engine with programmable ECU*”, International Conference of Motor Vehicle & Transportation, MVT 2012, Timisoara, November 2012.
- [50] **Hiticas, I. D.**, Svoboda, W., Marin, D., Picioarea, G., “Programmable ECU for Optimal Control of SI Engine”, Buletinul Stiintific al Universitatii Politehnica din Timisoara, Romania, Seria Mecanica, ISSN 1224-6077, Editura Politehnica, Transaction on Mechanic, November 2012, in paper.
- [51] Hnatiuc B., Pellerin S., Hnatiuc E., Burlica R., "The study of an electric spark for igniting a fuel mixture", Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM), 2010 12th International Conference on, pp 1361- 1366, May 2010.
- [52] Holtz J., “Pulse width modulation for electronic power conversion”, Proceedings of the IEEE, pp. 1194 – 1214, Aug. 1994.
- [53] Holtz J., “Pulse width modulation-a survey”, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 39, Nr. 5, pp.410 – 420, Dec. 1992.
- [54] Höglund P.G., Niittymäki J., *Estimating Vehicle Emissions and Air Pollution related to Driving Patterns and Traffic Calming*, Urban Transport Systems, Lund, Sweden, 1999.
- [55] Hunicz J., Kordos P., An experimental study of fuel injection strategies in CAI gasoline engine, *Experimental Thermal and Fluid Science* 35, Elsevier, 2011, pp. 243–252.
- [56] Huang, J., Padmanabhan, K. and O. M. Collins, O. M. “The sampling theorem with constant amplitude variable width pulses”, *IEEE transactions on Circuits and Systems*, vol. 58, pp. 1178 - 1190, June 2011.
- [57] International Energy Agency, *CO<sub>2</sub> emission from fuel combustion*, Highlight, 2011.
- [58] Iorga, D., Hentiu, R., Mihon, L., **Hiticas, I.D.**, Carabas, D., Svoboda, W., „*Experimental research on the effect of changing the permeability of the filter on the performance of a fuel injection engine*”, NACOT – National Conference of Thermodynamics with International Participation, Termotehnica, ISSN-L 1222-4057, ISSN (online) 2247-1871, Editura AGIR, Craiova, Romania, Nr. 1S/2011, Anul XV, Book of abstract, pag. 24, Mai 2011.
- [59] Iorga, D., Tokar, A., **Hiticas, I.D.**, Hentiu, R., Svoboda, W., “*Experimental research concerning polluting emission from motor vehicles, trafic conditions, with and without air conditioning function*”, International Conference of Mechanical Engineering, ICOM 2010, Craiova, Romania, pag. 783-790, Aprilie 2010.
- [60] Iorga, D., Tokar, A., **Hiticas, I. D.**, Hentiu, R., Svoboda, W., “*Issues concerning the study of present engine’s intake manifolds*”, International Conference of Mechanical Engineering, ICOM 2010, Craiova, Romania, pag. 671-674, Aprilie 2010.
- [61] Irimescu A.: Cercetări privind influența stării amestecului carburant și a naturii combustibilului asupra performanțelor și gradului de poluare al unui motor cu aprindere prin scânteie cu injecție în poarta supapei, Teză de doctorat, Editura Politehnica, Timisoara, 2010.
- [62] Irimescu, A., and **Hiticas, I. D.**, “Full load performance of a spark ignition engine with faulty variable timing”, Buletinul Stiintific al Universitatii Politehnica din Timisoara, Romania, Seria Mecanica, ISSN 1224-6077, Editura Politehnica, Tomul 54(68), Fascicula 3, Transaction on Mechanic, pag. 45-48, 2009.
- [63] Jianwen L., Jinhua L., Shaohua S., Xing S., Hong. H, "Design of vehicle ECU hardware-in-loop simulation system for electronically controlled engine",



- Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference on, pp. 2150 - 2153, Sept. 2011.
- [64] Kanellos F.D., Tsekouras G.J., Prousalidis J., Hatzilau K.I., "Effort to formulate voltage modulation constraints in ship-electrical systems with pulsed loads", *Electrical Systems in Transportation*, Vol.2, Issue 1, pp. 18-28, March 2012.
- [65] Kawasumi, I., Yasui, Y., Multi-Stage Injection Control for Super Ultra Low Emission Vehicles, *Industrial Technology, 2006. ICIT 2006*. IEEE International Conference on, Mumbai, pp. 1206 - 1211.
- [66] Kiencke U., Nielsen L., "Automotive Control System, for engine, Driveline and Vehicle", Springer, Germany, 2005.
- [67] Koerner B., Klopatek J., *Anthropogenic and natural CO<sub>2</sub> emission sources in an arid urban environment*, Elsevier, Environmental Pollution 116 (2002) S45-S51.
- [68] Kuboyama T., et all., *Effect of Fuel and Thermal Stratifications on the Operational Range of an HCCI Gasoline Engine Using the Blow-Down Super Charge System*, SAE Int. Journal Engines, August 2010, 3, pp. 666-680.
- [69] Kukrer O., Komurcugil H., "Variable sampling frequency PWM waveforms", *Power Electronics Letters*, IEEE database, pp. 14 - 16, March 2003.
- [70] Kyu M.C., Oh W.S., Kim Y.T., Kim H. J., "A New Switching Strategy for Pulse Width Modulation (PWM) Power Converters", *Industrial Electronics*, IEEE Transactions on, pp.330 - 337, Feb. 2007.
- [71] Marin, D., **Hiticas**, I.D., Mihon, L., „Fuzzy Logic Control Applied on SI Engine Concerning the Injection Time Evolution”, 13th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, CINTI 2012, Budapest, in paper, IEEEExplore, November 2012.
- [72] Merker G.P., Schwarz C., Teichmann R., "Combustion Engines Development, Mixture Formation, Combustion, Emissions and Simulation", Springer, Germany, 2012 (original German edition in 2009).
- [73] Moazzem S., Rasul M.G., Khan M.M.K.: An Evaluation of CO<sub>2</sub> Emission Reduction through Carbonation Technology, *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 2011 Asia-Pacific, Wuhan, 2011, pp. 1 - 5.
- [74] Murayama A., Yamakita M., Speed control of vehicles with variable valve lift engine by nonlinear MP, *ICCAS-SICE International Joint Conference 2009 - IEEE*, 2009, Fukuoka Japan, pp. 4128 - 4133.
- [75] Negrea, V.D., *Procese în motoare cu ardere internă. Economicitate. Combaterea poluării*, vol. I, Editura Plitehnica, Timișoara 2003.
- [76] Negrea, V.D., *Procese în motoare cu ardere internă. Economicitate. Combaterea poluării*, vol. II, Editura Plitehnica, Timișoara 2003.
- [77] Raica, T., *Construcția și calculul motoarelor cu ardere internă*, vol. I-IV, Timișoara, 1978.
- [78] Ratanaprutthakul S., Grobosch S., "Model checking and verification method of engine control unit", *IEEE Software Engineering (MySEC)*, Malaysia 2011.
- [79] Ratiu S., Mihon L., Motoare cu ardere internă pentru autovehicule rutiere - procese și caracteristici, *Editura Mirton*, Timișoara, pp.34-58, 2008.
- [80] Rohwein G.J., "An efficient, power-enhanced ignition system", *Plasma Science*, IEEE Transactions on, pp.306-310, Apr. 1997.
- [81] Romlie bin M.F., Pesol M. F., Hasan K.N.M., "PWM technique to control speed of induction motor using Matlab/xPC target box", *Power and Energy Conference*, IEEE 2nd International, Johor Bahru, Malaysia, pp 718 - 721, 2008.

- [82] Rudolf F., Stephan S., Mark P., Wilhelm H., Gerd K., *Comparative Investigation of Throttle-free Load Control on a 2.0 l Four Cylinder Turbocharged Gasoline Engine with Port and Direct Fuel Injection*, SAE Int. Journal Engines, August 2010, 3, pp. 878-888.
- [83] Saraswati S., Chand S., "An optimization algorithm for neural predictive control of air-fuel ratio in SI engines", *Modelling, Identification and Control (ICMIC)*, pp. 527- 532, 2010.
- [84] Scillieri J.J., Buckland J.H., Freudenberg J.S., "Reference feed forward in the idle speed control of a direct-injection spark-ignition engine", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, pp.51-61, 2005.
- [85] Serban F., "Mecatronica automobilelor", Note de curs, Univresitatea din Pitești, Facultatea de Mecanică și Tehnologie, 2002.
- [86] Sengupta T.K.: *Fundamentals of Computational Fluid Dynamics*, Universities Press, Hyderabad, (India), 2004.
- [87] Stoicesc A.P.: *Proiectarea performanțelor de tracțiune și de consum ale automobilelor*, Editura Tehnică, București, 2007.
- [88] Sujing W., Lide W., Ping S., Biao L., Xiaobo N., "Research on electronically controlled fuel injection system", *Vehicle Power and Propulsion Conference*, IEEE database, pp.1- 5, 2008.
- [89] Tayebi A., "Direct time injection in the loop: A new adaptive control point of view", *Decision and Control, 28th Chinese Control Conference, Proceedings of the 48th IEEE Conference on*, pp. 3477- 3482, Dec. 2009.
- [90] Techtalk, *Motor Industry Magazine*, July/August 2005.
- [91] Tianyu Z., Haiqiao W., Jian Z., "Simulation of the original injection MAP diagram of electronic-controlled gasoline engines based on MATLAB/SIMULINK", *Electrical and Control Engineering, International Conference on IEEE*, Yichang, China, pp. 815 - 819, 2011.
- [92] *Tracking Progress in Carbon Capture and Storage*, International Energy Agency, April 2012.
- [93] UNFCCC / CCNUCC Report, *Tool to calculate project or leakage CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion*, Methodological tool, August 2008.
- [94] Uricanu, N., **Hiticas, I.D.**, Iorga, D., Hentiu, R., Bakos,L., „*Evolution of pollutant emission of a motor vehicle – equipped with internal combustion engine – between technical periodic inspection*”, *Buletinul Stiintific al Universitatii Politehnica din Timisoara, Romania, Seria Mecanica*, ISSN 1224-6077,Editura Politehnica, Vol 56(70),Iss. 1, Transaction on Mechanic, pag. 21 – 24, 2011.
- [95] Uricanu, N., **Hiticas, I.D.**, Iorga, D., Hentiu, R., Bakos, L., Floricel, S., „*Performance's simulation of the motor vehicle – powertrain group*”, *Buletinul Stiintific al Universitatii Politehnica din Timisoara, Romania, Seria Mecanica*, ISSN 1224-6077,Editura Politehnica, Vol 56(70),Iss. 1, Transaction on Mechanic, pag. 73-77, 2011.
- [96] Vijay E.V., Rama Rao C.V., Kumar E.V., Swamy G.N., *Electronic control unit for an adaptive cruise control system & engine management system in a vehicle using electronic fuel injection*, *Emerging Trends in Robotics and Communication Technologies (INTERACT)*, 2010 International Conference on, Chennai, India.
- [97] Wallington T.J., Kaiser E.W., Farrell J.T., "Automotive fuels and internal combustion engines: a chemical perspective", *Chemical Society Reviews*, Vol. 35, Issue 4, pp. 335-347, Jan. 2006.



- [98] Wallington T.J., Sullivan J. L., Hurley M. D., *Emissions of CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC, PM, HFC-134a, N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> from the global light duty vehicle fleet*, Meteorologische Zeitschrift, Vol. 17, No. 2, 109-116 (April 2008).
- [99] World Health Organization – “Health effects of transport-related air pollution” 2005.
- [100] Xiaodong H., Peng L., Lei Z., Research on Attenuation of Pressure Pulsation in Gasoline Injection System, *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2011 Asia-Pacific, Wuhan, China*, pp. 1 – 5.
- [101] Xie L., Ogai H., Inoue Y.: Engine intake manifold modeling and high speed solving for predictive control, *International Conference on Control Applications, 2006 IEEE, Munich*, pp. 515 – 520.
- [102] Xu L.: Control of exhaust pollutants from gasoline engine of vehicle, Conference Publication, *ICCASM, China, IEEE, 2010*.
- [103] Yiming H., Xianyi Q., “Electric-control fuel injection system”, Computer Application and System Modelling, International Conference on IEEE, Taiyuan, pp. 625 – 627, 2010.
- [104] Youngchul R. et al., Study of High Speed Gasoline Direct Injection Compression Ignition (GDICI) Engine Operation in the LTC Regime, *SAE Int. Journals Engines*, June 2011, pp. 1412-1430.
- [105] Zhaoa F., Laia M.C., Harringtonb D.L., Automotive spark-ignited direct-injection gasoline engines, *Progress in Energy and Combustion Science*, Elsevier, Volume 25, Issue 5, October 1999, Pages 437–562.
- [106] \*\*\*[www.control-systems-principles.co.uk](http://www.control-systems-principles.co.uk)
- [107] \*\*\*<http://www.who.int/en/>
- [108] \*\*\*<http://www.iarc.fr/>
- [109] \*\*\*<http://www.autosaga.ro>
- [110] \*\*\*<http://www.fuelsaver.govt.nz>
- [111] \*\*\* <http://www.volkswagen.de>
- [112] \*\*\*<http://www.loganclub.ro>
- [113] \*\*\*<http://www.carfolio.com>
- [114] \*\*\*<http://www.megamanual.com>
- [115] \*\*\*<http://www.wikipedia.org>
- [116] \*\*\*Chassis Dynamometer LPS 3000, Standard Operating Instructions and User Manual, MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH&Co.Kg, 87490 Haldenwang, Germany, 2003.
- [117] \*\*\*Dynamometer/Emission Tester MET 6.1, User Manual, MAHA Maschinenbau Haldenwang, BA462801-en, 2011.
- [118] \*\*\*<http://www.holley.com/Index.asp?division=NOS>
- [119] \*\*\*[http://www.auto-solve.com/mech\\_inj.htm](http://www.auto-solve.com/mech_inj.htm)

## **Anexe**

## Anexa 1

Temps	Double boucle de richesse active	Position papillon(°)	Position papillon pied Levé	Pression collecteur admission (mb)	Régime moteur (tr/mn)	Régulation de richesse active	Température d air (°C)	Température d eau (°C)
0,00	0	18,40	1	358,30	751	1	56,25	96,88
1,75	0	18,40	1	365,70	744	1	56,25	96,25
2,64	0	28,00	0	565,50	739	1	56,25	96,25
3,45	1	31,20	0	506,30	1725	1	56,25	96,25
4,32	1	31,20	0	554,40	1678	1	56,25	96,25
5,20	0	31,60	0	791,20	1217	1	56,25	96,25
6,04	1	31,60	0	665,40	1275	1	56,25	96,25
7,79	1	31,60	0	539,60	1899	1	56,25	95,63
8,66	1	21,20	0	461,90	2109	1	56,25	95,63
9,48	0	18,40	1	295,40	1628	0	56,25	95,63
10,32	0	21,60	0	232,50	2134	1	56,25	95,00
11,17	1	21,60	0	269,50	1932	1	56,25	95,00
12,01	1	22,40	0	295,40	1739	1	56,25	95,00
13,70	1	28,40	0	410,10	1771	1	56,25	95,00
14,55	1	33,60	0	565,50	2201	1	56,25	94,38
15,39	1	34,00	0	532,20	2771	1	56,25	94,38
16,25	0	18,40	1	273,20	3028	0	56,25	94,38
17,09	0	20,00	1	243,60	1887	0	56,25	93,75
18,78	1	31,20	0	658,00	1217	1	56,25	93,75
19,62	1	32,40	0	680,20	1303	1	56,25	93,75
20,48	1	35,60	0	765,30	1413	1	56,88	93,75
21,31	1	36,40	0	765,30	1555	1	56,25	93,75
22,18	1	36,80	0	746,80	1695	1	56,25	93,75
23,02	1	47,20	0	928,10	1859	1	56,25	93,75
24,73	1	66,00	0	987,30	2353	1	56,25	93,13
25,59	1	66,00	0	983,60	2557	1	56,25	93,13
26,45	1	66,00	0	979,90	2731	1	56,25	93,13
27,34	1	66,00	0	979,90	2835	1	56,25	93,13
28,26	1	66,40	0	979,90	2928	1	56,25	93,13
29,17	1	66,40	0	979,90	3018	1	56,25	93,75
30,08	1	66,40	0	976,20	3076	1	55,63	93,75
31,00	1	66,40	0	976,20	3126	1	55,63	93,75
32,62	1	66,80	0	976,20	3256	1	55,63	94,38
33,44	1	66,80	0	972,50	3317	1	55,63	94,38
34,24	1	66,80	0	972,50	3381	1	55,63	95,00
35,08	1	66,80	0	972,50	3449	1	55,00	95,00

36,76	1	67,20	0	968,80	3593	1	55,00	95,00
37,60	1	67,60	0	968,80	3656	1	55,00	95,63
38,45	1	67,60	0	968,80	3734	1	55,00	96,25
39,30	1	68,00	0	965,10	3818	1	55,00	96,25
40,14	1	68,00	0	965,10	3900	1	54,38	96,25
41,80	1	68,00	0	961,40	4032	1	54,38	96,88
42,64	1	68,40	0	961,40	4109	1	54,38	96,88
43,48	1	68,40	0	961,40	4171	1	53,75	97,50
44,33	0	68,40	0	957,70	4253	0	53,75	98,13
45,18	0	68,40	0	954,00	4332	0	53,75	98,13
46,01	0	68,40	0	954,00	4403	0	53,75	98,75
47,71	0	68,80	0	954,00	4539	0	53,13	98,75
48,58	0	68,80	0	954,00	4615	0	53,13	99,38
49,43	0	68,80	0	954,00	4684	0	53,13	99,38
50,28	0	68,80	0	954,00	4743	0	53,13	99,38
51,17	0	68,80	0	954,00	4819	0	53,13	99,38
52,06	0	68,80	0	950,30	4895	0	53,13	99,38
53,84	0	68,80	0	946,60	5043	0	52,50	100,00
54,70	0	68,80	0	946,60	5112	0	52,50	100,00
55,53	0	68,80	0	946,60	5186	0	52,50	100,00
56,36	0	68,80	0	942,90	5248	0	52,50	100,00
57,17	0	66,00	0	931,80	5318	0	51,88	100,63
58,83	0	56,00	0	843,00	5442	0	51,88	101,25
59,70	0	56,00	0	843,00	5510	0	51,88	101,25
60,56	0	56,00	0	843,00	5588	0	51,88	101,25
61,40	0	56,00	0	839,30	5655	0	51,88	101,25
62,25	0	56,00	0	839,30	5729	0	51,25	101,25
63,09	0	51,20	0	757,90	5782	0	51,25	101,88
64,80	0	45,60	0	650,60	5840	0	51,25	101,88
65,64	0	45,60	0	650,60	5850	0	51,25	102,50
66,49	0	45,60	0	646,90	5854	0	51,25	102,50
67,34	0	45,60	0	654,30	5859	0	51,25	102,50
68,18	0	45,60	0	650,60	5859	0	51,25	102,50
69,03	0	41,60	0	547,00	5840	0	51,25	103,13
70,71	0	41,60	0	550,70	5786	0	51,25	103,13
71,55	0	41,60	0	550,70	5755	0	51,25	103,75
72,39	0	41,60	0	550,70	5733	0	51,25	103,75
73,24	0	41,60	0	550,70	5716	0	51,25	103,75
74,10	0	41,60	0	550,70	5694	0	51,25	103,75
75,81	0	41,60	0	550,70	5660	0	51,25	104,38
76,69	0	41,60	0	554,40	5643	0	51,25	104,38

77,58	0	41,60	0	554,40	5630	0	51,25	104,38
78,48	0	41,60	0	550,70	5613	0	51,25	104,38
79,38	0	41,60	0	554,40	5601	0	51,25	104,38
80,28	0	41,60	0	554,40	5592	0	51,25	104,38
81,16	0	41,60	0	554,40	5584	0	51,25	104,38
82,05	0	41,60	0	554,40	5571	0	51,25	105,00
83,76	0	41,60	0	554,40	5559	0	51,25	105,00
84,56	0	41,60	0	554,40	5547	0	51,25	105,00
85,40	0	41,60	0	554,40	5543	0	50,63	105,00
86,25	0	41,60	0	558,10	5534	0	50,63	105,63
87,09	0	39,20	0	498,90	5522	0	50,63	105,63
88,76	0	38,80	0	495,20	5466	0	50,63	105,63
89,60	0	38,80	0	495,20	5438	0	50,63	105,63
90,45	0	38,80	0	498,90	5418	0	50,63	105,63
91,30	0	38,80	0	498,90	5395	0	50,63	105,63
92,16	0	38,80	0	498,90	5376	0	50,63	105,63
93,84	0	38,80	0	502,60	5345	0	50,63	105,63
94,67	0	38,80	0	506,30	5334	0	50,63	105,63
95,53	0	36,80	0	458,20	5311	0	50,63	106,25
96,37	0	33,60	0	384,20	5259	0	50,63	106,25
97,22	0	33,20	0	376,80	5182	0	50,63	106,25
98,08	0	18,40	1	206,60	5030	0	50,63	106,25
99,82	0	18,40	1	191,80	4681	0	50,63	106,25
100,69	0	18,40	1	191,80	4517	0	51,25	106,25

Anexa 2

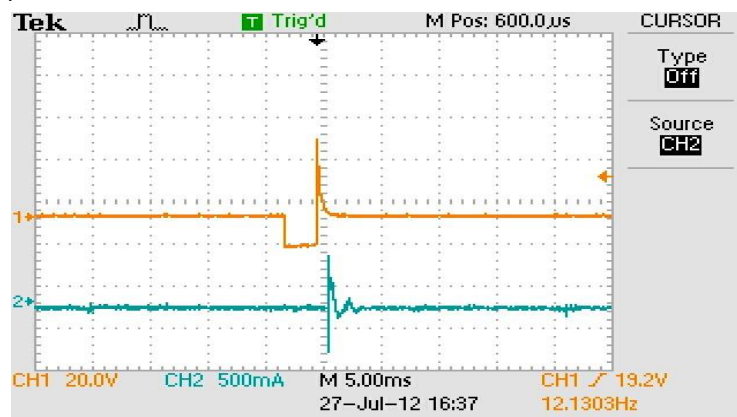
Tension batterie (V)	Tension de la sonde à oxygène amont (mV)	Tension de la sonde à oxygène aval (mV)	Vitesse du véhicule (km/h)	Avance à l'allumage (°V)	Facteur enrichissement régulation de richesse	Temps d injection (ms)	Consommation instantanée de carburant (L/H)
14,05	390,40	126,88	0	4,13	163	3,11	0,85
13,98	780,80	126,88	0	5,25	163	3,17	0,85
14,08	917,44	136,64	0	16,50	162	6,08	1,29
14,05	722,24	732,00	0	29,63	160	4,90	1,86
14,05	409,92	761,28	6	25,13	156	5,40	2,29
14,05	878,40	761,28	16	7,88	154	8,57	2,50
14,05	829,60	868,64	25	21,75	151	6,23	2,65
14,08	790,56	790,56	36	28,13	142	4,88	3,01
14,05	732,00	780,80	39	22,88	128	2,34	2,76
14,08	9,76	732,00	38	6,38	128	2,32	2,21
14,14	19,52	87,84	29	16,13	129	1,87	1,85
14,05	29,28	87,84	24	18,75	135	2,27	1,68
14,11	39,04	87,84	22	22,88	141	2,63	1,59
14,02	829,60	97,60	23	29,63	156	3,85	1,84
14,14	897,92	146,40	26	30,75	166	6,05	2,71
14,08	819,84	858,88	34	39,00	152	4,94	3,35
14,11	19,52	810,08	38	27,38	128	1,82	3,07
14,21	0,00	107,36	38	9,38	128	2,52	1,20
14,11	732,00	253,76	40	17,63	126	6,40	1,95
14,11	185,44	536,80	44	19,50	131	6,90	2,29
14,18	810,08	644,16	48	16,13	131	7,95	2,81
14,11	253,76	692,96	53	16,88	130	8,03	3,33
14,11	761,28	712,48	57	19,13	131	8,42	3,86
14,18	712,48	741,76	62	13,13	131	9,83	4,78
14,14	175,68	732,00	77	12,75	126	10,48	6,59
14,14	741,76	712,48	83	15,75	124	10,57	7,51
14,11	292,80	722,24	89	15,75	120	10,37	8,31
14,14	683,20	683,20	93	15,38	119	10,31	9,02
14,18	341,60	683,20	97	16,88	120	10,32	9,53
14,14	644,16	702,72	99	16,88	121	10,29	9,94

14,14	741,76	722,24	102	18,38	122	10,18	10,33
14,14	722,24	702,72	104	16,13	122	10,60	10,63
14,14	771,04	605,12	107	18,75	127	10,13	11,20
14,14	244,00	663,68	111	18,75	129	10,16	11,41
14,18	702,72	673,44	110	17,63	131	10,13	11,65
14,14	292,80	692,96	115	19,13	131	10,20	11,86
14,11	341,60	712,48	120	18,38	127	10,17	12,32
14,14	263,52	702,72	121	17,25	125	10,23	12,56
14,11	361,12	712,48	122	18,38	124	10,28	12,87
14,14	527,04	712,48	126	19,50	124	10,37	13,29
14,18	712,48	722,24	129	18,38	124	10,53	13,61
14,18	175,68	722,24	134	18,75	124	10,44	14,25
14,18	536,80	712,48	135	19,13	125	10,42	14,64
14,08	712,48	712,48	139	19,13	126	11,01	14,92
14,11	839,36	829,60	140	19,50	168	12,40	15,78
14,08	868,64	946,72	142	20,25	195	13,24	17,00
14,11	878,40	966,24	146	20,63	209	13,68	18,19
14,11	888,16	966,24	150	20,63	217	13,86	19,84
14,11	888,16	976,00	153	20,63	223	13,97	20,54
14,11	888,16	976,00	156	20,25	240	14,40	21,19
14,11	897,92	976,00	158	20,25	246	14,49	21,92
14,08	897,92	976,00	158	20,25	253	14,65	22,62
14,08	897,92	966,24	162	20,25	251	14,56	23,20
14,08	907,68	966,24	165	19,88	255	14,48	24,08
14,11	907,68	956,48	168	19,50	255	14,47	24,39
14,11	897,92	956,48	173	19,50	255	14,41	24,69
14,08	897,92	956,48	172	19,50	255	14,29	24,93
14,11	907,68	956,48	176	19,88	255	13,88	25,00
14,08	888,16	946,72	180	25,50	255	11,84	23,70
14,08	888,16	936,96	180	25,88	255	11,69	23,14
14,08	888,16	936,96	183	26,25	255	11,55	22,81
14,08	888,16	936,96	189	26,63	255	11,46	22,58
14,11	888,16	927,20	189	27,38	255	11,30	22,45
14,11	888,16	927,20	191	31,88	255	9,61	21,59
14,11	878,40	917,44	193	35,25	242	7,83	19,00
14,11	878,40	917,44	194	35,25	242	7,84	17,85

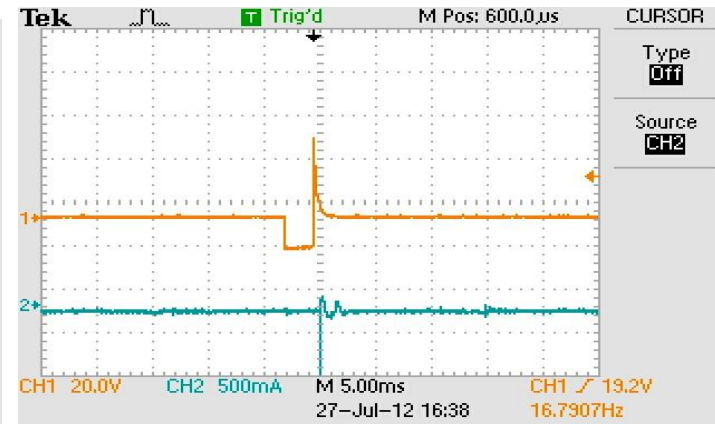
14,14	878,40	917,44	191	35,25	242	7,84	17,11
14,11	878,40	917,44	193	35,25	242	7,83	16,72
14,14	878,40	917,44	194	35,63	241	7,63	16,22
14,11	868,64	907,68	192	37,50	228	6,18	15,06
14,14	868,64	897,92	192	37,50	226	6,25	13,56
14,14	858,88	897,92	190	37,50	226	6,23	13,14
14,11	858,88	897,92	191	37,50	226	6,27	12,87
14,11	868,64	897,92	189	37,50	226	6,31	12,72
14,14	868,64	897,92	189	37,50	226	6,32	12,61
14,14	858,88	897,92	188	37,50	226	6,37	12,52
14,11	858,88	897,92	185	37,50	226	6,36	12,48
14,14	868,64	897,92	188	37,50	226	6,39	12,48
14,14	858,88	897,92	182	37,50	226	6,41	12,48
14,11	868,64	897,92	185	37,50	226	6,46	12,48
14,11	858,88	897,92	186	37,50	226	6,46	12,48
14,11	868,64	897,92	184	37,50	226	6,44	12,48
14,14	868,64	897,92	184	37,50	226	6,44	12,48
14,11	868,64	897,92	186	37,50	225	6,52	12,48
14,11	868,64	897,92	183	37,50	225	6,48	12,48
14,11	868,64	897,92	183	37,50	226	6,52	12,48
14,14	868,64	897,92	182	37,50	226	6,52	12,48
14,11	810,08	888,16	181	41,63	177	5,10	11,79
14,14	800,32	829,60	181	42,00	174	5,12	10,54
14,14	800,32	819,84	181	42,00	172	5,12	10,19
14,11	790,56	810,08	180	42,00	170	5,10	9,94
14,11	790,56	810,08	178	42,00	169	5,20	9,81
14,11	790,56	810,08	178	42,00	167	5,13	9,70
14,14	800,32	800,32	177	42,00	165	5,18	9,59
14,11	810,08	810,08	175	42,00	163	5,21	9,54
14,14	790,56	810,08	177	42,38	154	4,49	9,10
14,11	68,32	790,56	172	43,13	128	3,34	8,02
14,18	58,56	761,28	172	43,50	128	3,27	6,87
14,18	9,76	58,56	165	22,50	128	0,00	0,00
14,18	0,00	0,00	154	24,00	128	0,00	0,00
14,14	0,00	0,00	148	24,00	128	0,00	0,00



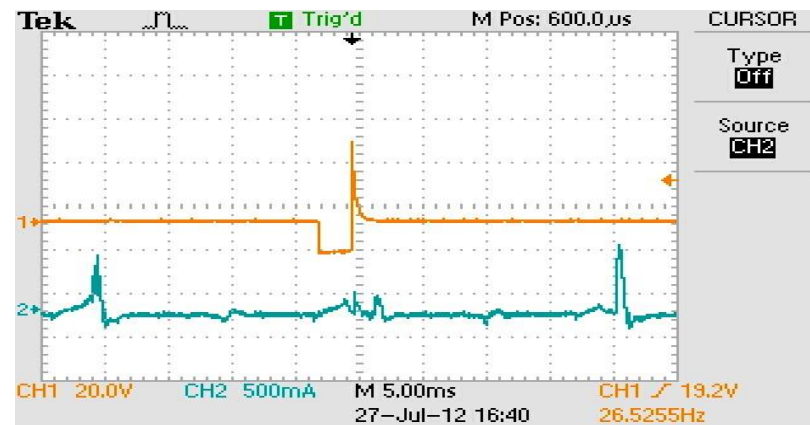
Anexa 3 – Variație timpii injecție și curent bujie pentru motorul testat K7J 1.4MPI Dacia Logan, forță de încărcare ON pentru:



a). Turație de 1500 rot/min.

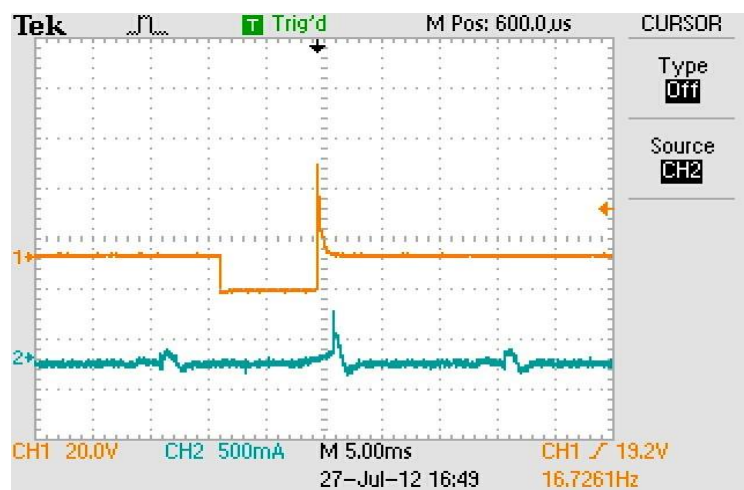


b). Turație de 2000 rot/min.

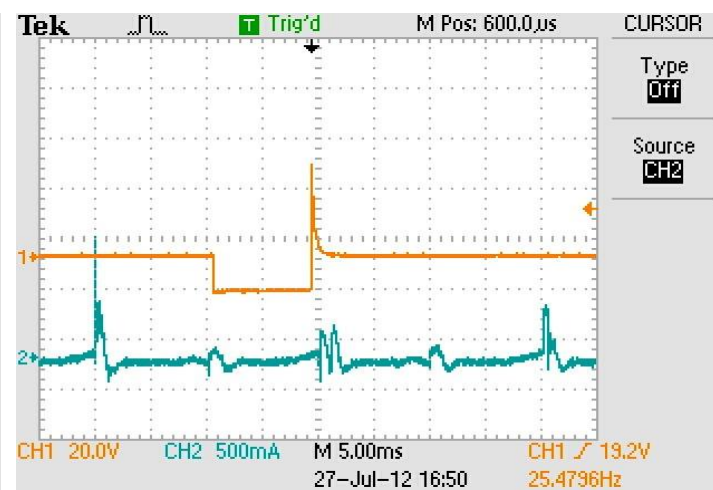


c). Turație de 2000 rot/min.

Anexa 4. – Variație timpii injecție și curent bujie pentru motorul testat K7J 1.4MPI Dacia Logan, forță de încărcare 2000N pentru:



a). Turație de 2000 rot/min.

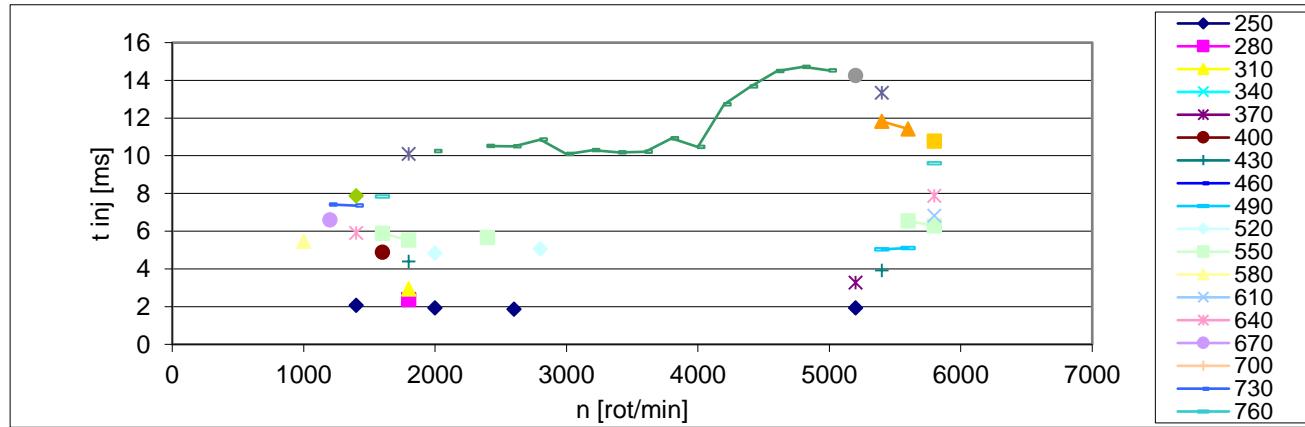


b). Turație de 3000 rot/min.

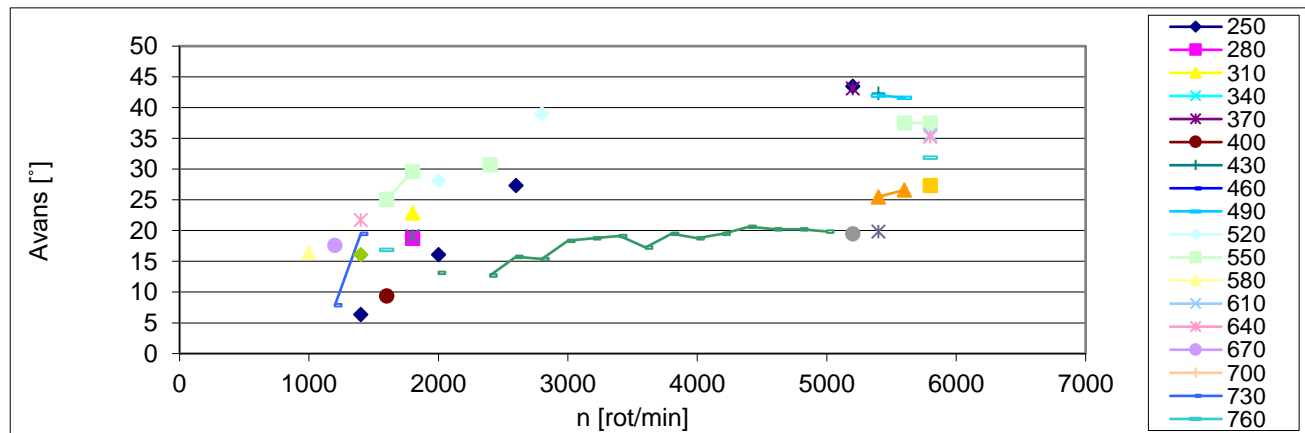
Anexa 5. Variația timpilor de injecție,  $t_{inj}$ , funcție de turație și de presiunea din colectorul de admisie

		t <sub>inj</sub> [ms]																										
		1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600	5800	6000	
250				2,064			1,92			1,856												1,92						
280						2,376																						
310						2,924																						
340																												
370																							3,276					
400				4,884																								
430					4,384																			3,92				
460																												
490																								5,036	5,108			
520							4,828			5,044																		
550					5,888	5,524				5,668																6,544	6,272	
580	5,464																											
610																											6,82	
640				5,908																							7,864	
670		6,596																										
700																												
730		7,416	7,356																									
760				7,836																							9,596	
790		7,864																										
820																											10,78	
850																								11,82	11,42			
880																												
910					10,09																				13,33			
940																							14,25					
970																												
1000							10,24		10,52	10,51	10,85	10,08	10,29	10,18	10,21	10,92	10,47	12,72	13,68	14,49	14,72	14,52						

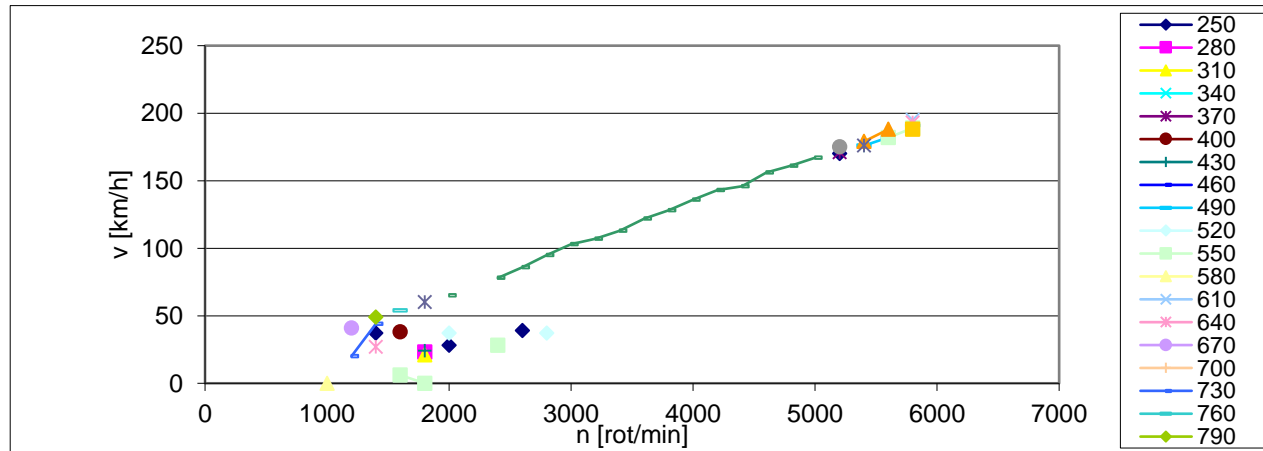
Anexa 6.



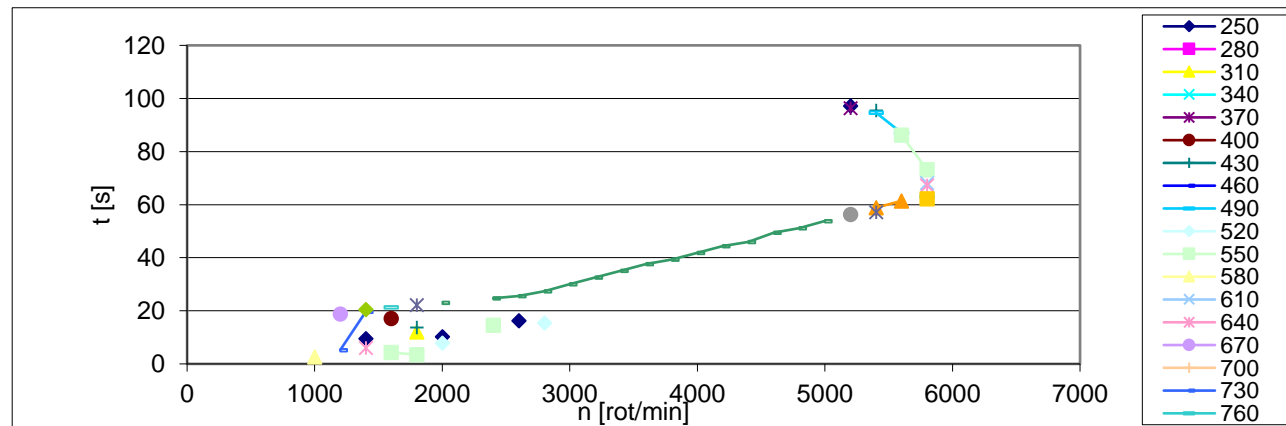
a). Variația punctiformă a timpilor de injecție



b) Variația punctiformă a avansului la aprindere



c). Variația punctiformă a vitezei vehiculului



d) Variația punctiformă a timpului

Anexa 7. Variația avansului la aprindere funcție de turație și de presiunea din colectorul de admisie

Avans [°]																												
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600	5800	6000		
250			6,375			16,13			27,38													43,5						
280					18,75																							
310					22,88																							
340																												
370																							43,13					
400				9,375																								
430					29,63																			42,38				
460																												
490																								42	41,63			
520						28,13				39																		
550				25,13	29,63				30,75																	37,5	37,5	
580	16,5																											
610																											35,63	
640			21,75																								35,25	
670		17,63																										
700																												
730		7,875	19,5																									
760				16,88																							31,88	
790			16,13																									
820																											27,38	
850																								25,5	26,63			
880																												
910					19,13																							
940																							19,5					
970																												
1000						13,13		12,75	15,75	15,38	18,38	18,75	19,13	17,25	19,5	18,75	19,5	20,63	20,25	20,25	19,88							

Anexa 8. Variația vitezei vehiculului funcție de turație și de presiunea din colectorul de admisie

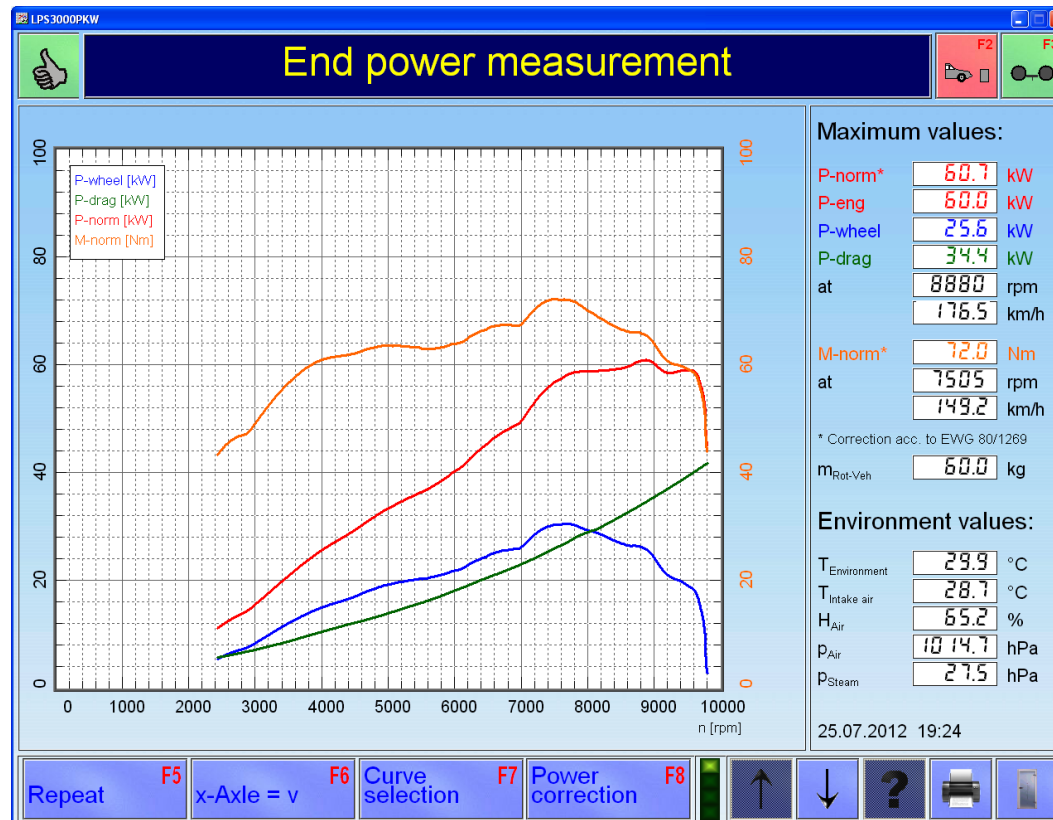
Viteza vehicul [km/h]																											
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600	5800	6000	
250				37						28					39												
280										23																	
310										21																	
340																											
370																											
400																											
430																											
460																											
490																											
520																											
550																											
580	0																										
610																											
640																											
670																											
700																											
730																											
760																											
790																											
820																											
850																											
880																											
910																											
940																											
970																											
1000																											

Anexa 9. Variația timpului funcție de turație și de presiunea din colectorul de admisie

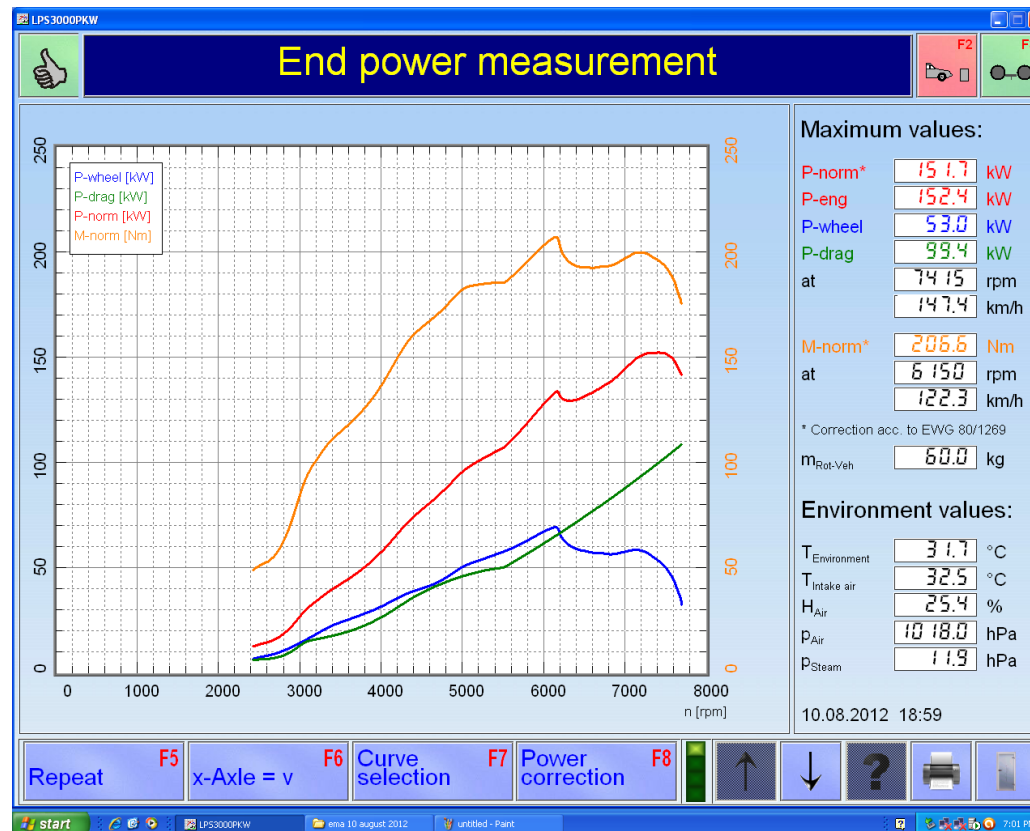
		Timp [s]																											
		1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400	5600	5800	6000		
250				9,48			10,32			16,25													97,22						
280																													
310						12,01																							
340																													
370																							96,37						
400				17,09																									
430					13,7																		95,53						
460																													
490																							94,67	87,09					
520						7,79				15,39																			
550				4,32	3,45				14,55																	86,25	73,24		
580	2,64																												
610																											68,18		
640			6,04																								67,34		
670	18,78																												
700																													
730		5,2	19,62																										
760				21,31																							63,09		
790			20,48																										
820																											62,25		
850																							58,83	61,4					
880																													
910					22,18																			57,17					
940																							56,36						
970																													
1000						23,02		24,73	25,59	27,34	30,08	32,62	35,08	37,6	39,3	41,8	44,33	46,01	49,43	51,17	53,84								



Anexa 10. Variația curbelor de putere efectivă (roșu), moment motor efectiv (portocaliu), puterea la roată (albastru), curba pierderilor (verde) pentru motorul testat K7J 1.4 MPI ce echipază Logan Dacia

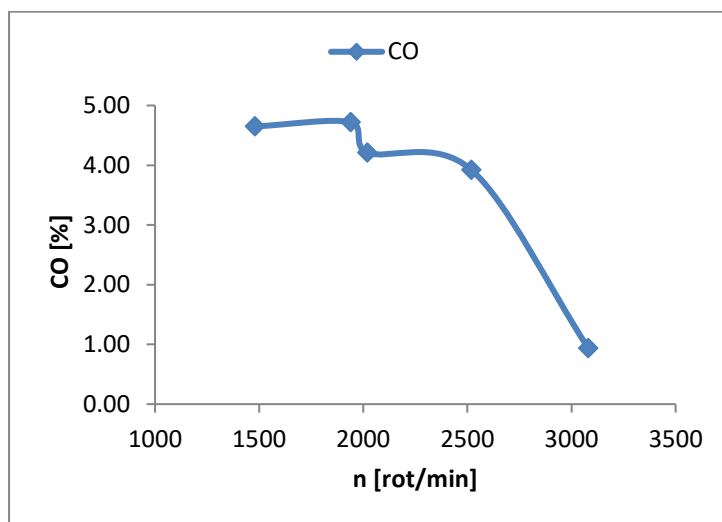


Anexa 11. Variația curbelor de putere efectivă (roșu), moment motor efectiv (portocaliu), puterea la roată (albastru), curba pierderilor (verde) pentru motorul testat Volvo 440 Turbo 1.7, ce echipează Reanult 5 GTT

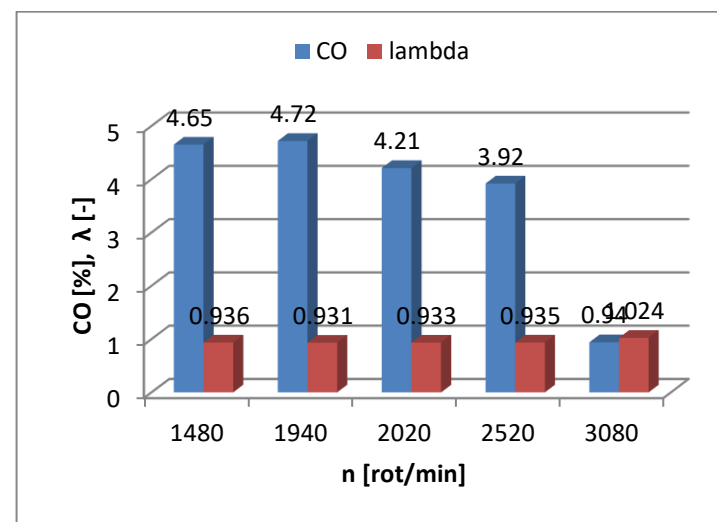


Anexa 12 Specii poluante emise de motorul testat Volvo 440 Turbo, 1.7 la forța de încărcare 200 N:  
Speciile poluante ale motorului testat pentru rularea la forța de încărcare de 200N

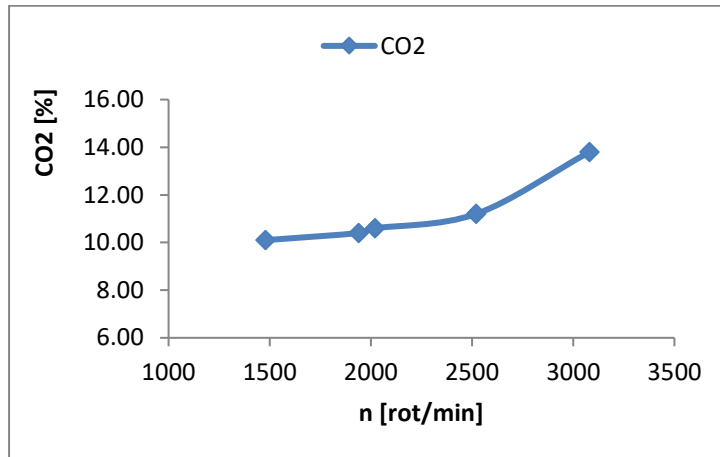
Turația n [rot/min]	CO [%]	CO2 [%]	O2 [%]	HC [ppm]	NOx [ppm]	Lambda [-]
1480	4,65	10,1	2,08	453	168	0,936
1940	4,72	10,4	1,94	413	293	0,931
2020	4,21	10,6	1,84	523	309	0,933
2520	3,92	11,2	1,79	811	330	0,935
3080	0,94	13,8	1,23	169	481	1,024



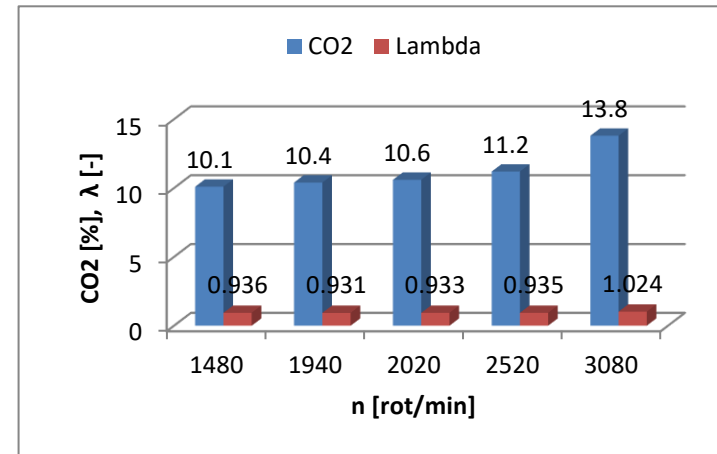
a). Variația CO la forța de încărcare de 200N



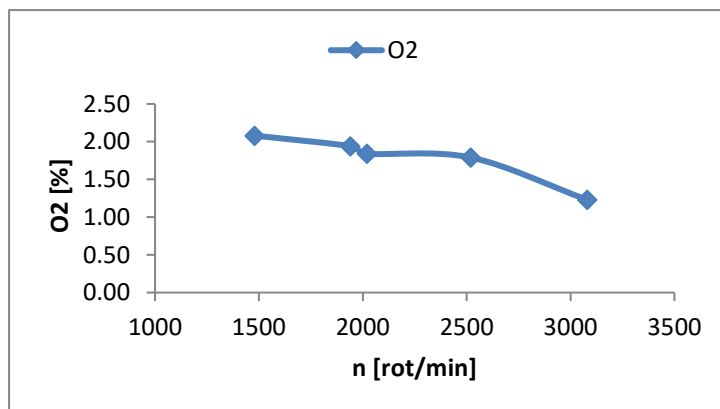
b). Variația CO și Lambda la forța de încărcare de 200 N



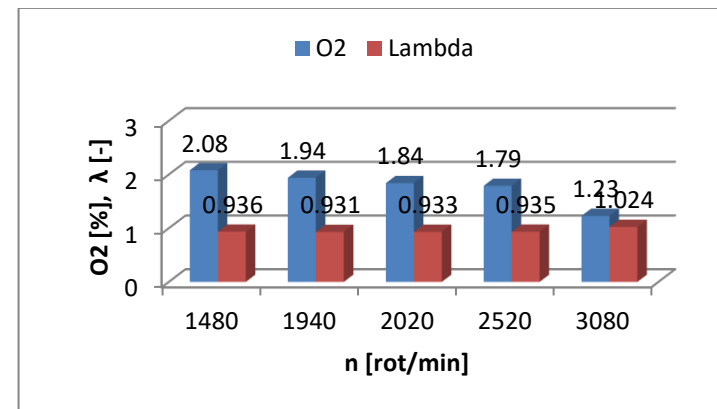
c). Variația CO2 la forță de încărcare de 200N



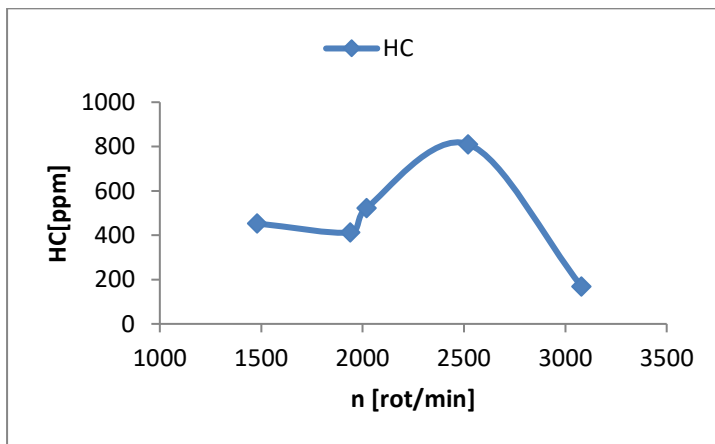
d). Variația CO2 și Lambda la forță de încărcare de 200N



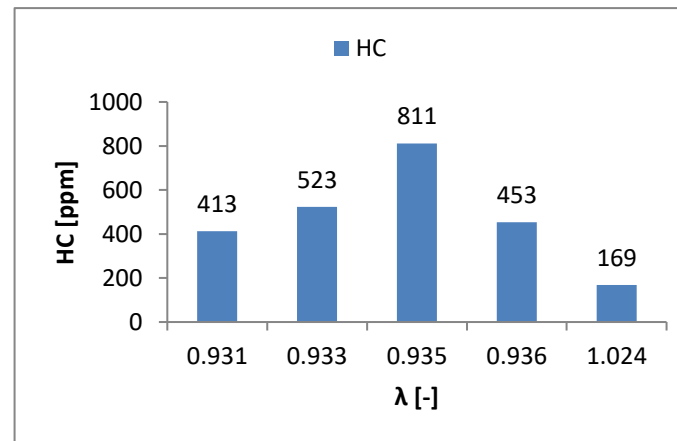
e). Variația O2 la forță de încărcare de 200N



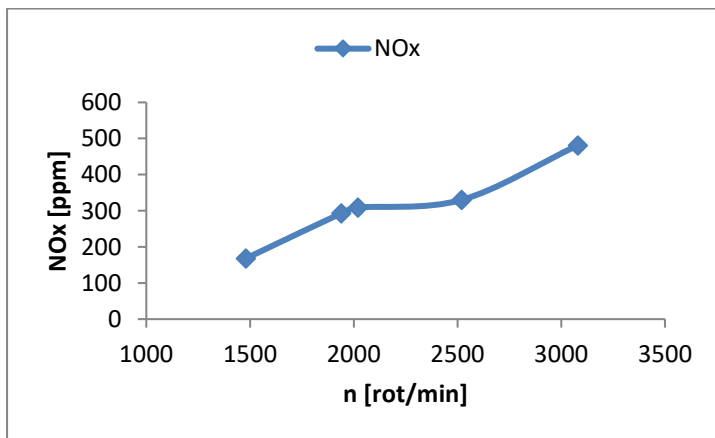
f). Variația O2 și Lambda la forță de încărcare de 200 N



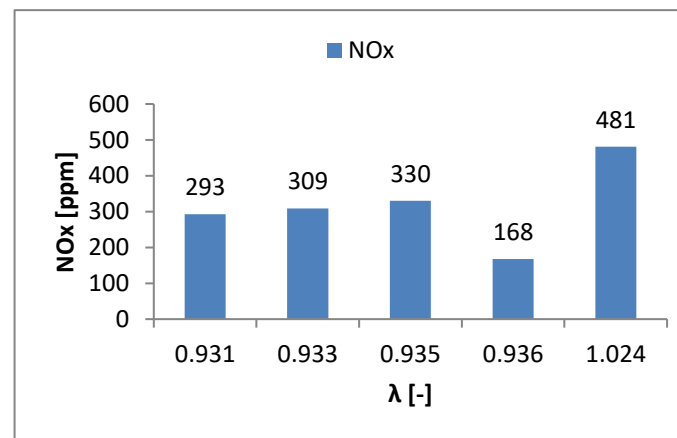
g). Variația HC la forță de încărcare de 200N



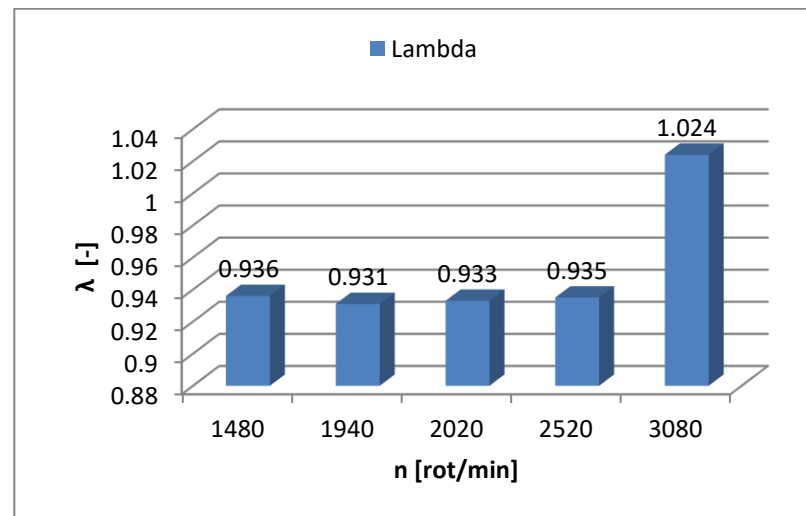
h). Variația HC la forță de încărcare de 200 N



i). Variația NOx la forță de încărcare de 200N



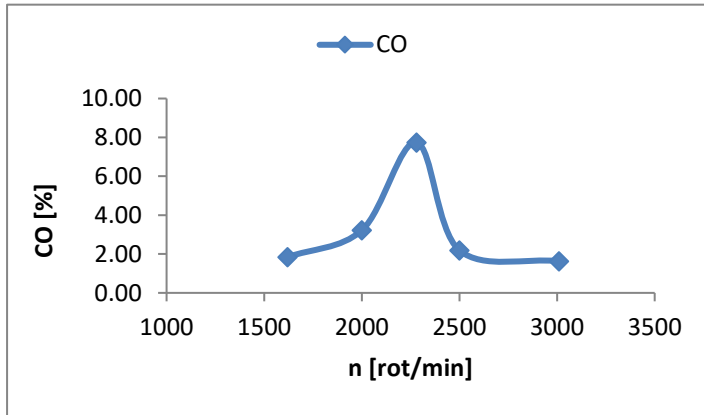
j). Variația NOx la forță de încărcare de 200N



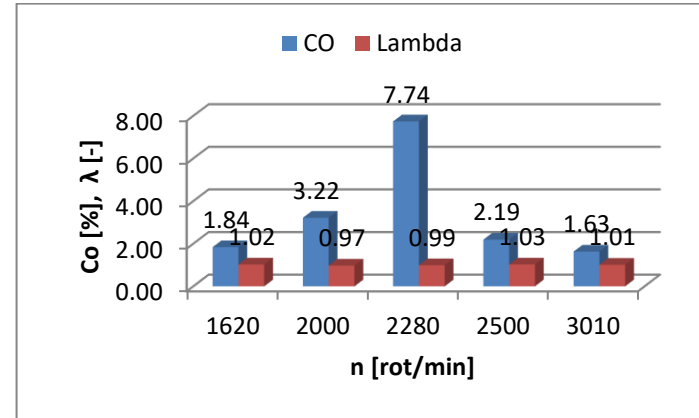
k). Variația Lambda la forță de încărcare de 200N

Anexa 13. Specii poluante emise de motorul testat Volvo 440 Turbo, 1.7 la forța de încărcare 400 N:  
Speciile poluante ale motorului testat pentru rularea la forța de încărcare de 400N

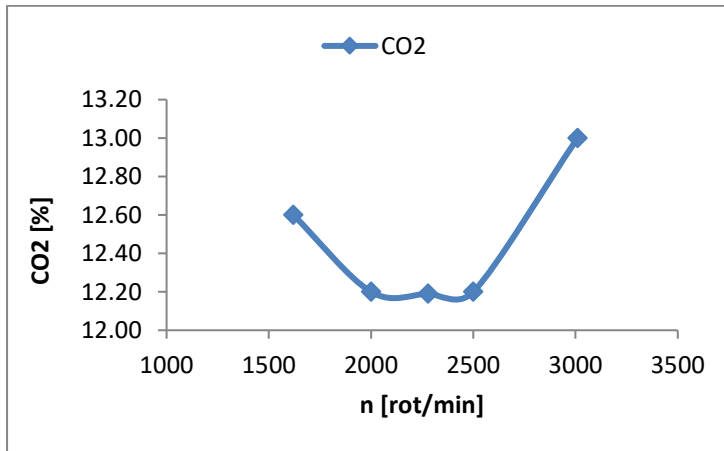
Turatia n [rot/min]	CO [%]	CO2 [%]	O2 [%]	HC [ppm]	NOx [ppm]	Lambda [-]
1620	1,84	12,60	1,79	181	170	1,02
2000	3,22	12,20	1,83	433	251	0,97
2280	7,74	12,19	1,91	401	441	0,99
2500	2,19	12,20	2,09	204	462	1,03
3010	1,63	13,00	1,41	143	531	1,01



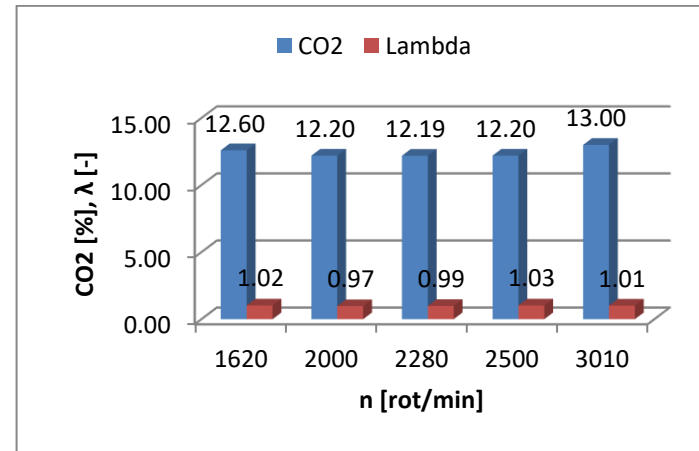
a). Variația CO la forță de încărcare de 400N



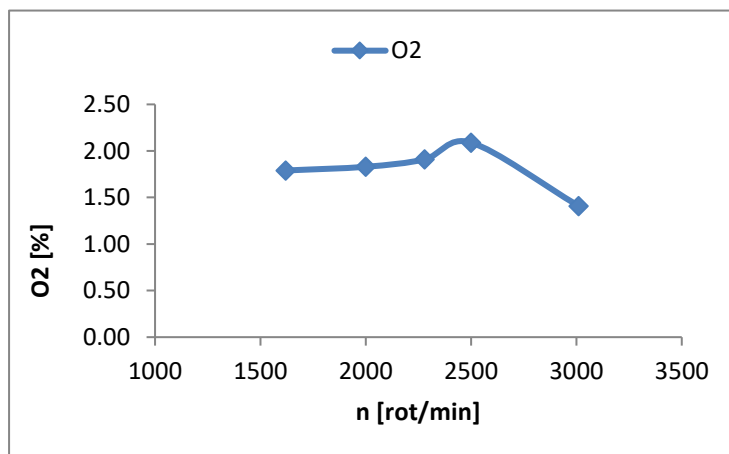
b). Variația CO și Lambda la forță de încărcare de 400 N



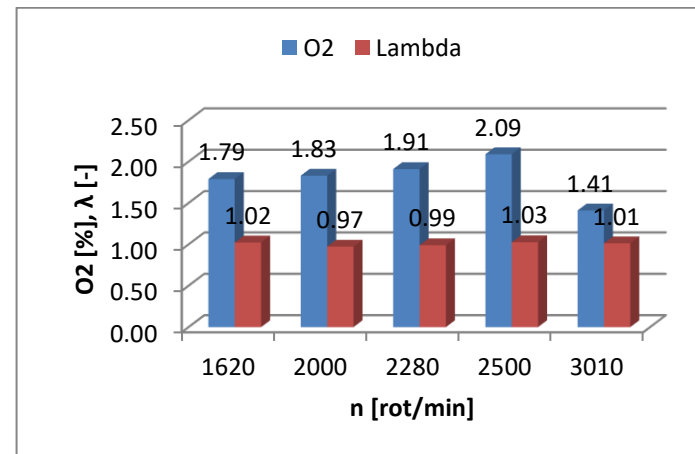
c). Variația CO2 la forță de încărcare de 400N



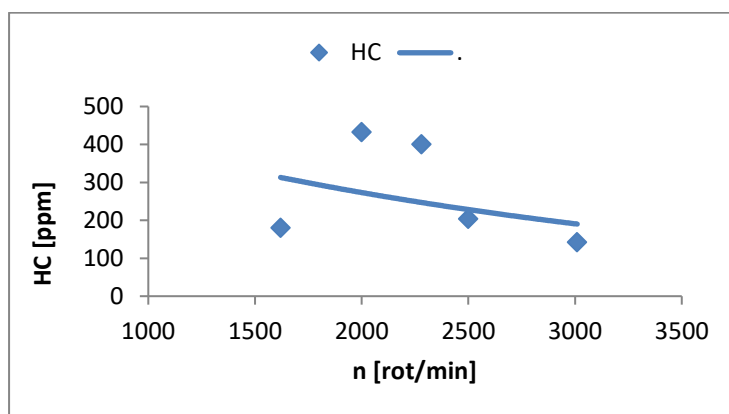
d). Variația CO2 și Lambda la forță de încărcare de 400 N



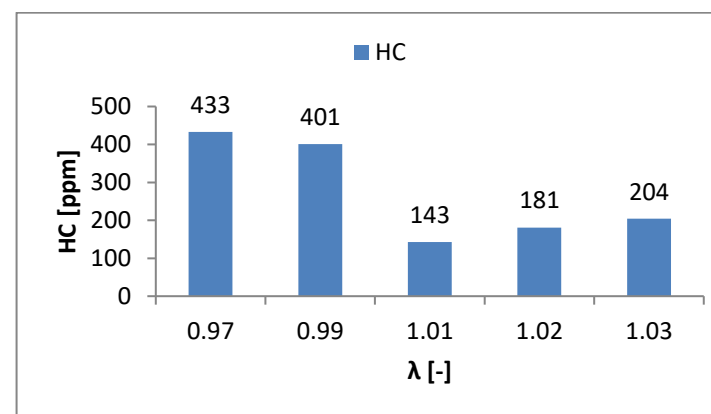
e). Variația O2 la forță de încărcare de 400N



f). Variația O2 și Lambda la forță de încărcare de 400 N

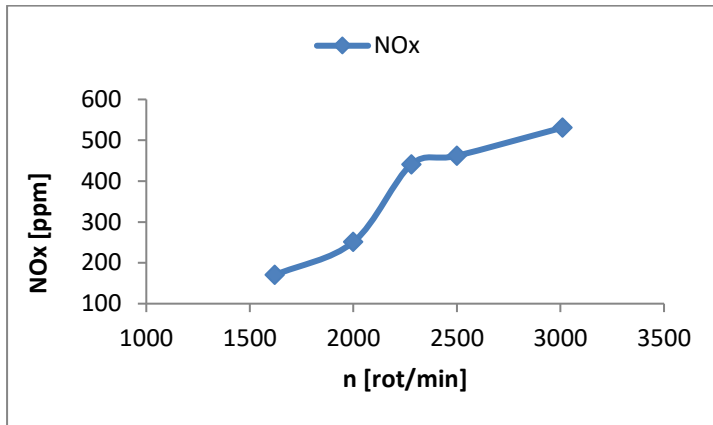


g). Variația HC la forță de încărcare de 400N

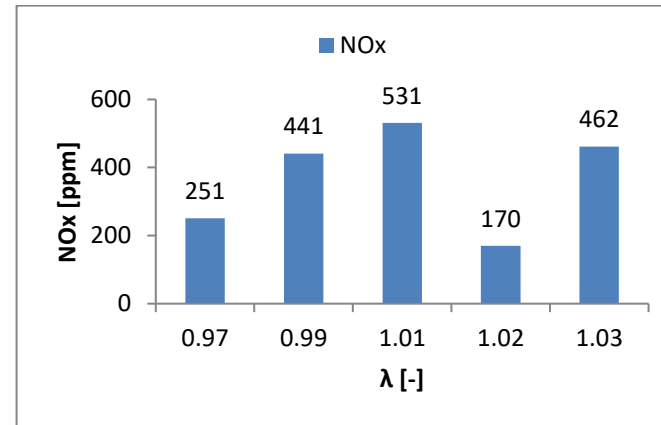


h). Variația HC la forță de încărcare de 400 N

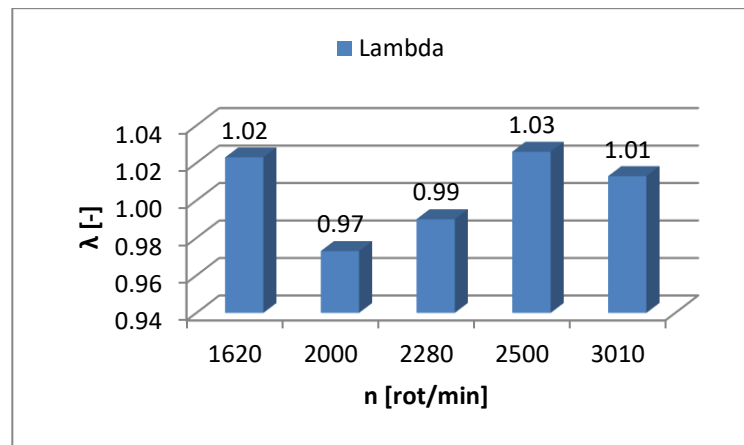




i). Variația NOx la forță de încărcare de 400N



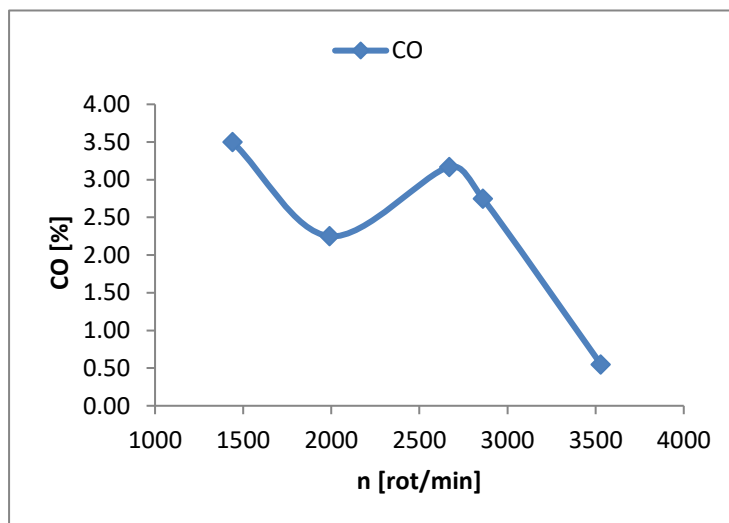
j). Variația NOx la forță de încărcare de 400 N



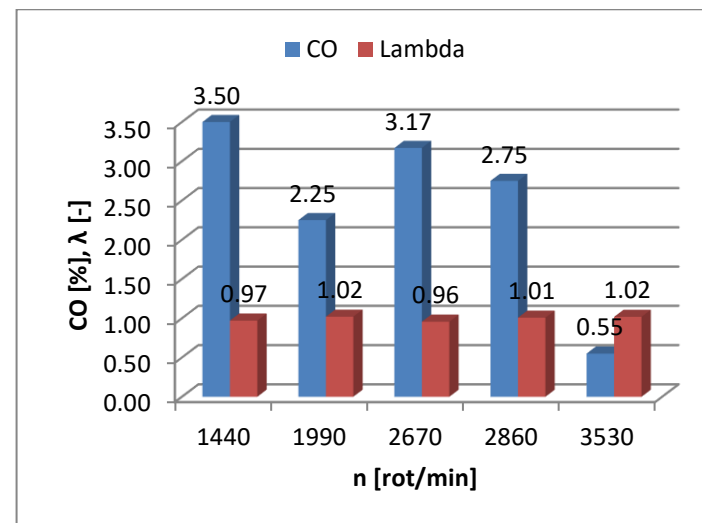
k). Variația Lambda la forță de încărcare de 400N

Anexa 14. Specii poluante emise de motorul testat Volvo 440 Turbo, 1.7 la forța de încărcare 600 N:  
Speciile poluante ale motorul testat pentru rularea la forță de încărcare de 600N

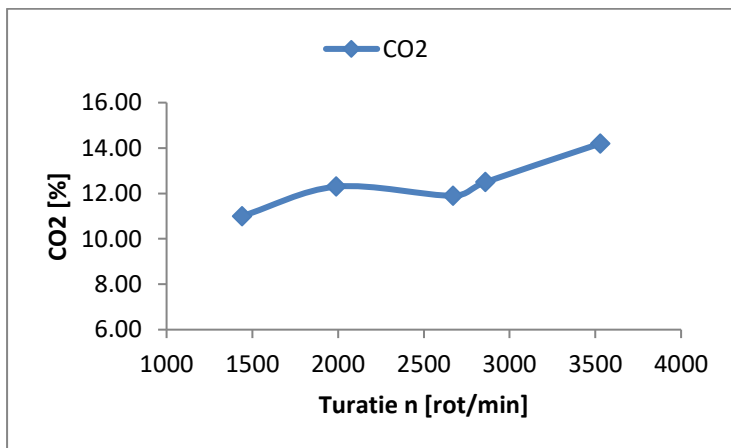
Turatia n [rot/min]	CO [%]	CO2 [%]	O2 [%]	HC [ppm]	NOx [ppm]	Lambda [-]
1440	3,50	11,00	2,10	527	176	0,97
1990	2,25	12,30	2,01	199	267	1,02
2670	3,17	11,90	1,73	797	408	0,96
2860	2,75	12,50	2,27	409	313	1,01
3530	0,55	14,20	0,78	85	622	1,02



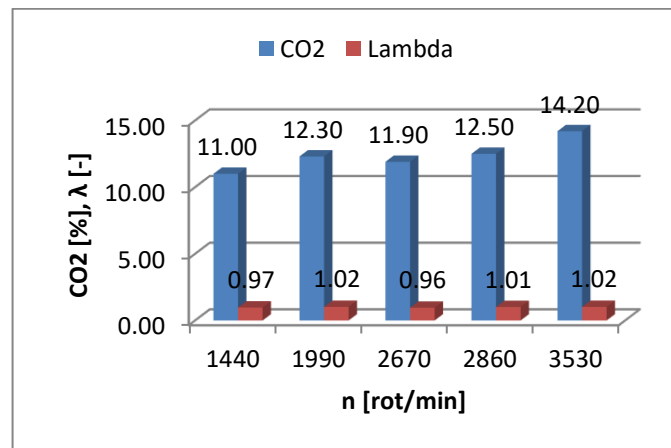
a). Variația CO la forță de încărcare de 600N



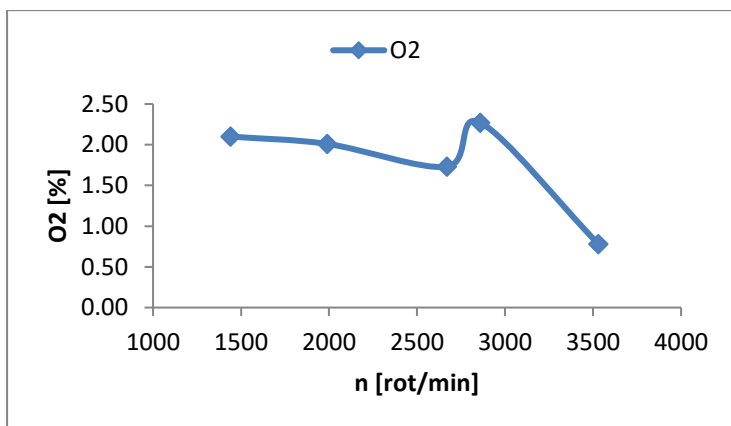
b). Variația CO și Lambda la forță de încărcare de 600 N



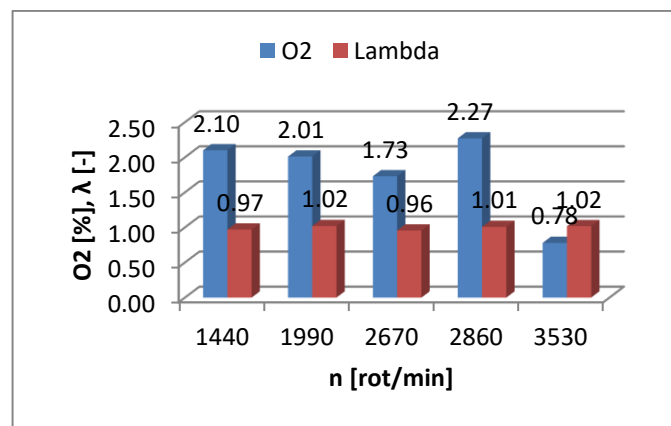
c). Variația CO2 la forță de încărcare de 600N



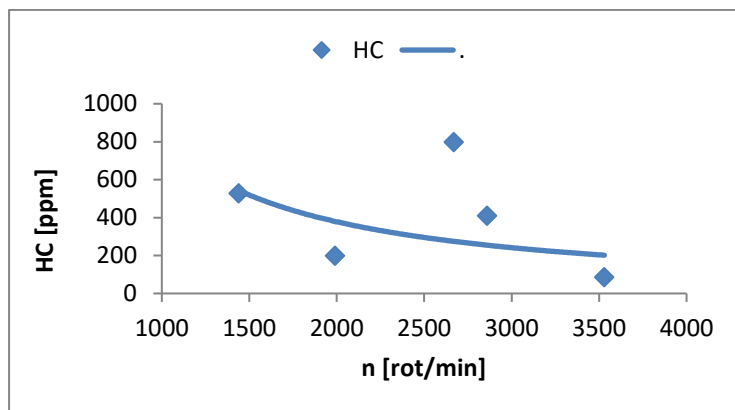
d). Variația CO2 și Lambda la forță de încărcare de 600 N



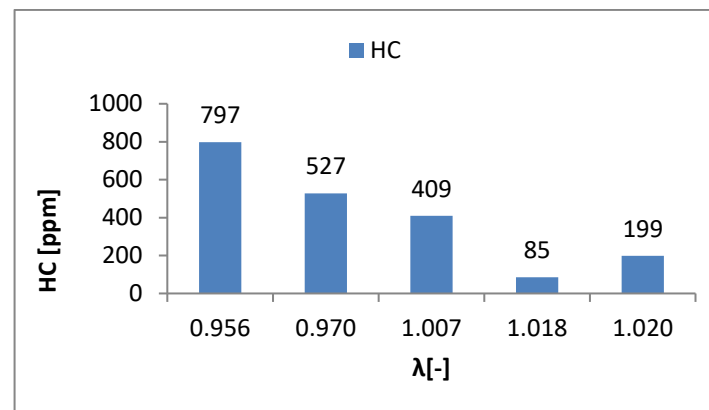
e). Variația O2 la forță de încărcare de 600N



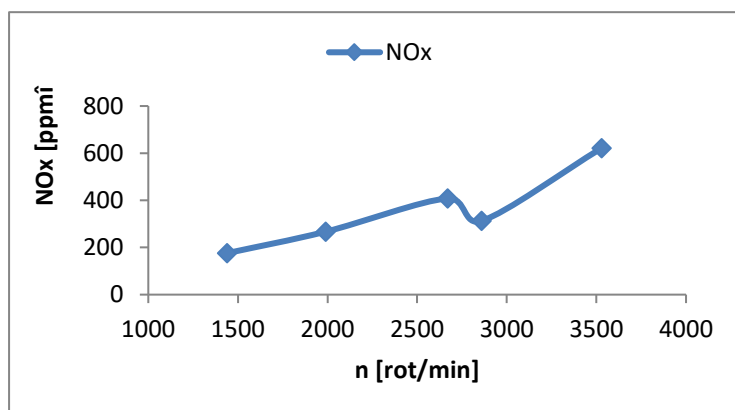
f). Variația O2 și Lambda la forță de încărcare de 600 N



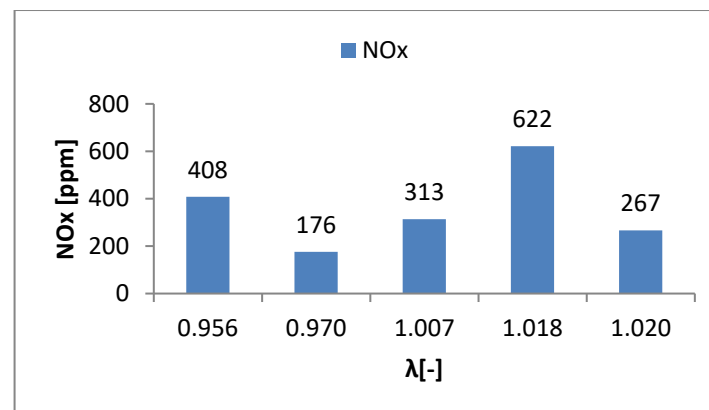
g). Variația HC la forță de încărcare de 600N



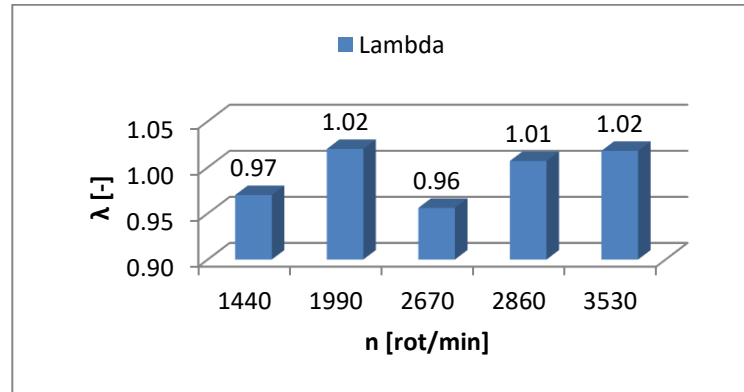
h). Variația HC la forță de încărcare de 600 N



i). Variația NOx la forță de încărcare de 600N

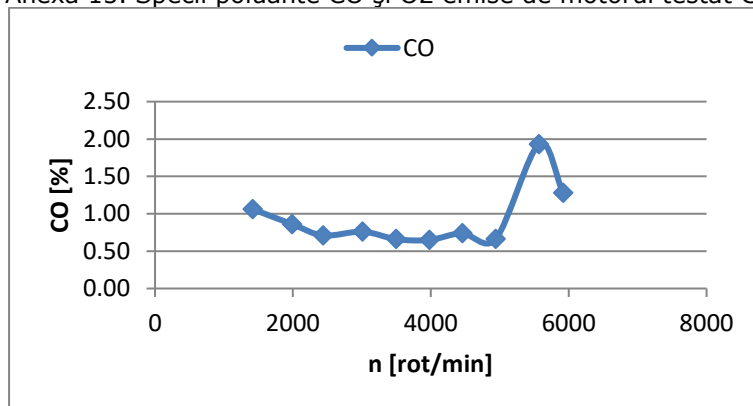


j). Variația NOx la forță de încărcare de 600 N

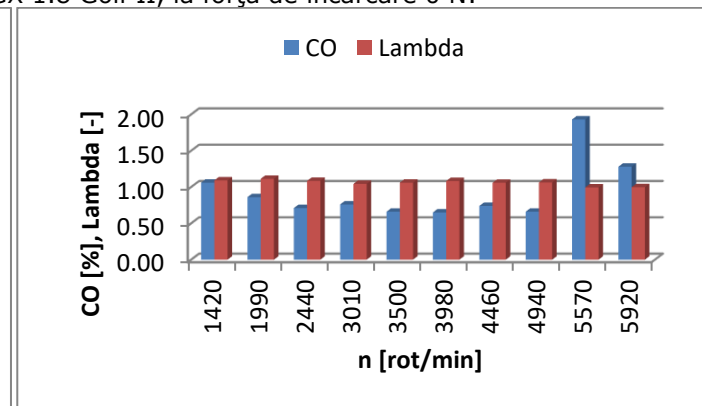


k). Variația Lambda la forță de încărcare de 600N

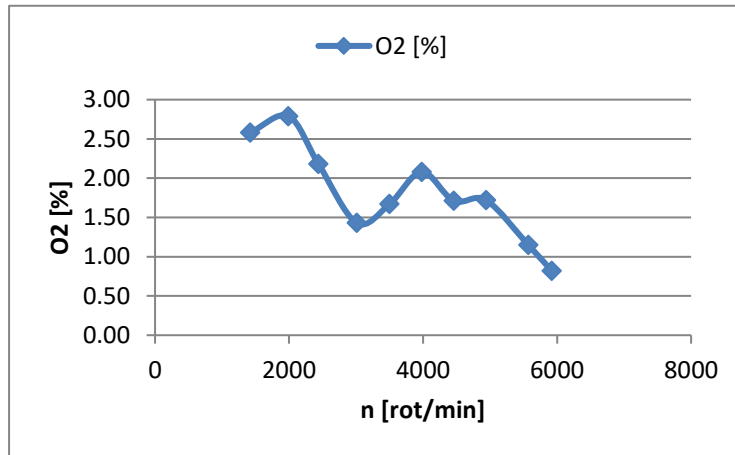
Anexa 15. Specii poluante CO și O2 emise de motorul testat GX 1.8 Golf II, la forța de încărcare 0 N:



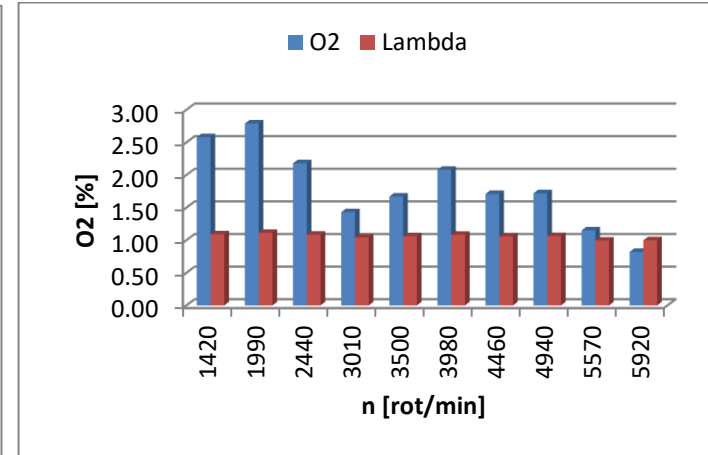
a). Variația CO la forță de încărcare de 0N



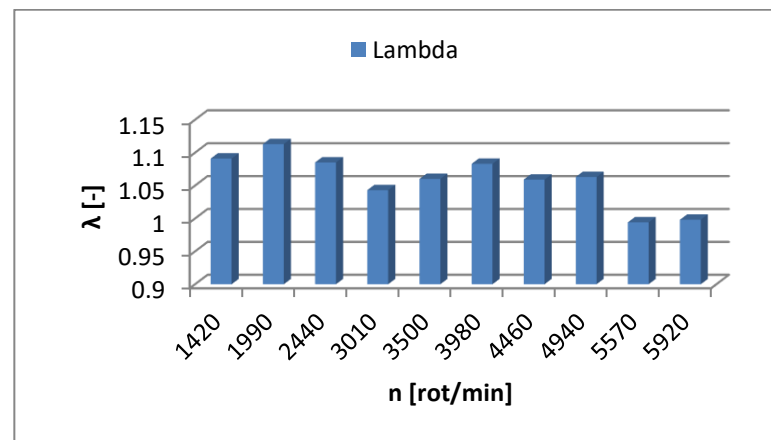
b). Variația CO la forță de încărcare de 0N



c). Variația O2 la forță de încărcare de 0N

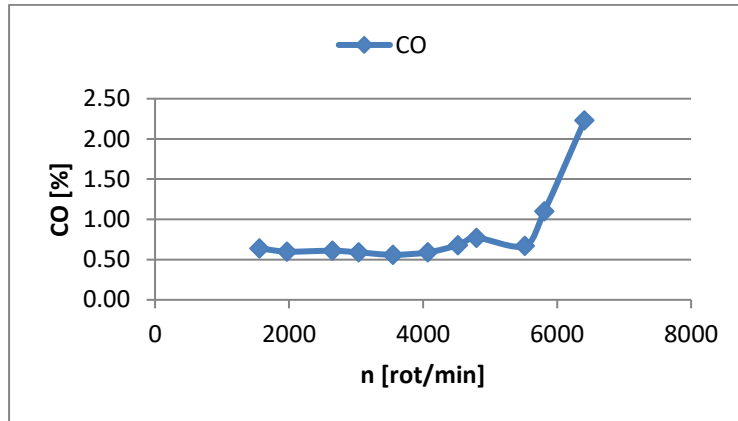


d). Variația O2 la forță de încărcare de 0N

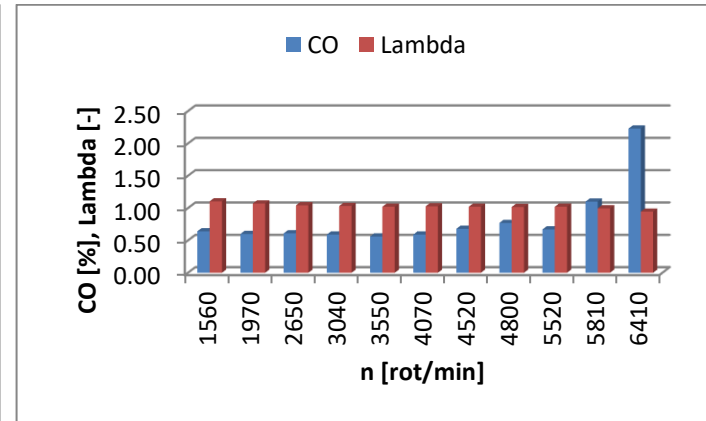


e). Variația lambda la forță de încărcare de 0N

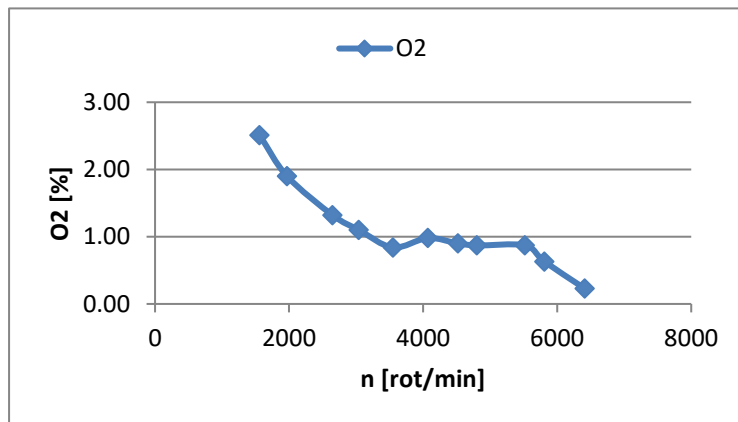
Anexa 16. Specii poluante CO și O2 emise de motorul testat GX 1.8 Golf II, la forța de încărcare 400 N:



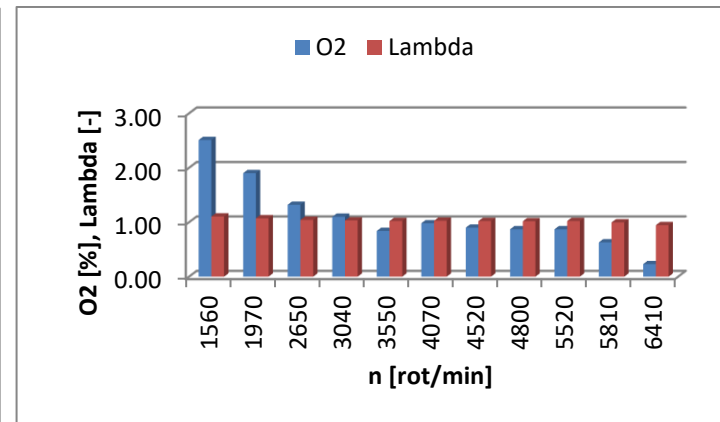
a). Variația CO la forță de încărcare de 400N



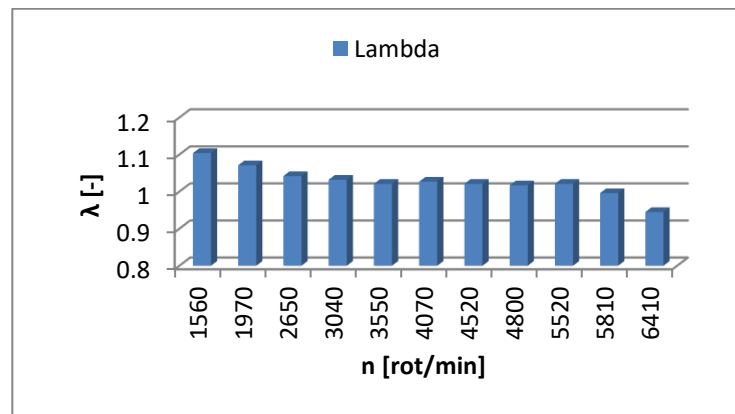
b). Variația CO la forță de încărcare de 400N



c). Variația O2 la forță de încărcare de 0N

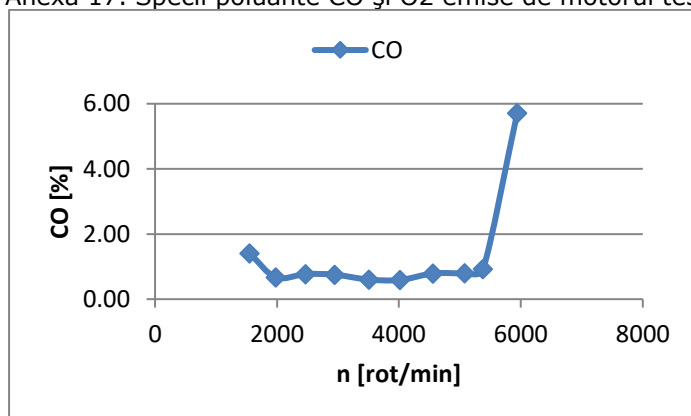


d). Variația O2 la forță de încărcare de 0N

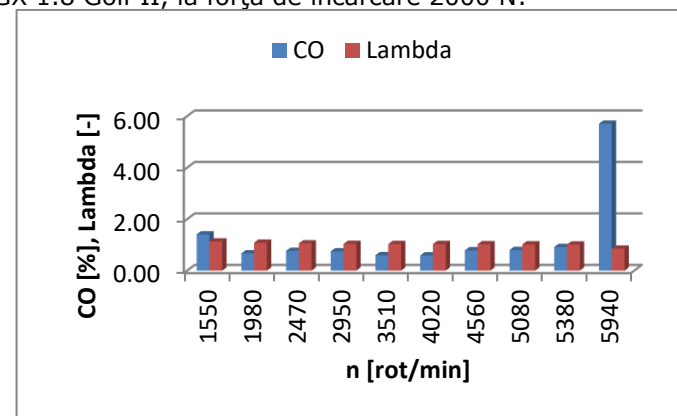


e). Variația lambda la forță de încărcare de 0N

Anexa 17. Specii poluante CO și O<sub>2</sub> emise de motorul testat GX 1.8 Golf II, la forță de încărcare 2000 N:

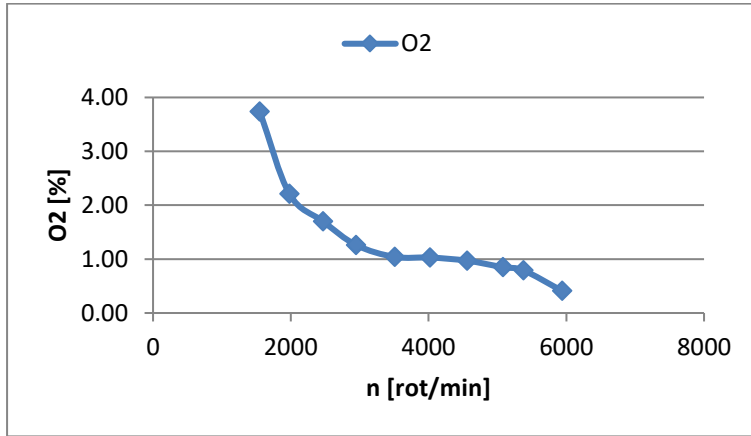


a). Variația CO la forță de încărcare de 2000N

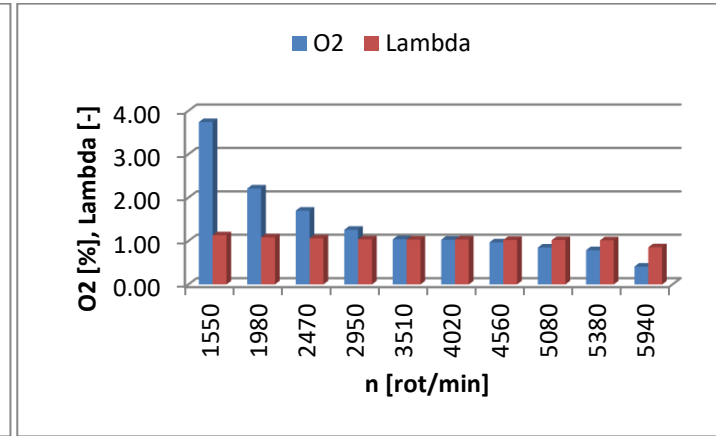


b). Variația CO la forță de încărcare de 2000N

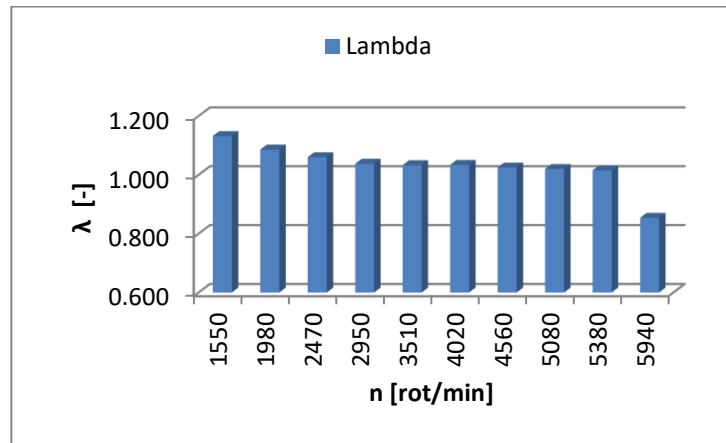




c). Variația O2 la forță de încărcare de 2000N



d). Variația O2 la forță de încărcare de 2000N



e). Variația lambda la forță de încărcare de 2000N

Anexa 18. Variația curbelor de putere efectivă (roșu), moment motor efectiv (portocaliu), puterea la roată (albastru), curba pierderilor (verde) pentru motorul testat GX 1.8 ce echipază VW Golf II

